

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STRROSMAYERA U OSIJEKU

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

Ivana Kopic

**UTJECAJ PROCESNIH PARAMETARA NA SVOJSTVA
KRUHA S DODATKOM BUČINE POGAČE PROIZVEDENOG
U INDUSTRIJSKIM UVJETIMA**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, 15. srpnja, 2016.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Zavod za prehrambene tehnologije
Katedra za tehnologije prerade žitarica
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija
Nastavni predmet: Tehnologija pekarstva
Tema rada: je prihvaćena na VII. sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek održanoj 22. travnja, 2016. godine
Mentor: izv. prof. dr. sc. *Daliborka Koceva Komlenić*
Komentor: doc. dr. sc. *Jasmina Lukinac Čačić*

UTJECAJ PROCESNIH PARAMETARA NA SVOJSTVA KRUHA S DODATKOM BUČINE POGAČE PROIZVEDENOG U INDUSTRIJSKIM UVJETIMA

Ivana Kopic 273-DI

Sažetak: Cilj diplomskog rada bio je provesti pečenje kruha s dodatkom bučine pogače pri dvjema temperaturama (210 °C i 230 °C) u industrijskim uvjetima, a potom analizirati uzorke. Tijekom pečenja analiziran je udio vode u kruhu zatim gubitak mase tijekom pečenja, specifični volumen te tekstura i razvoj boje. Kruhovi su analizirani pomoću VolumenScen uređaja, analizatora teksture te je mjerenje boje provedeno pomoću Minolta Chrom Meter-a. Rezultati su pokazali da dodatkom bučine pogače u krušno tijesto se smanjuje gubitak vode tijekom pečenja te da su u konačnici i manji gubitci mase. Frichovim LSD testom najmanje značajne razlike utvrđeno je da postoji statistički značajan pad specifičnog volumena prilikom dodatka 15% bučine pogače u krušno tijesto. Povećanjem udjela bučine pogače u krušno tijesto povećava se čvrstoća i otpor žvakanju dok se smanjuje kohezivnost i elastičnost. Dodatak bučine pogače u krušno tijesto ne znatno utječe na boju korice kruha dok je znatniji utjecaj na sredinu kruha i to pri udjelima većim od 10%.

Ključne riječi: kruh, bučina pogača, tekstura, specifični volumen, boja
Rad sadrži: 52 stranica
44 slike
2 tablice
39 literaturnih referenci
Jezik izvornika: Hrvatski

Sastav Povjerenstva za obranu:

- | | |
|--|---------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. <i>Marko Jukić</i> | predsjednik |
| 2. izv. prof. dr. sc. <i>Daliborka Koceva Komlenić</i> | član-mentor |
| 3. doc. dr. sc. <i>Jasmina Lukinac Čačić</i> | član-komentor |
| 4. doc. dr. sc. <i>Frane Čačić Kenjerić</i> | zamjena člana |

Datum obrane: 15. srpnja 2016.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of Food Technology
Department of Cereal Processing Technologies
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

Scientific area: Biotechnical sciences

Scientific field: Food technology

Course title: Technology of Cereal

Thesis subject

Mentor: *Daliborka Koceva Komlenić, PhD, associate prof.*

Comentor: *Jasmina Lukinac Čačić, PhD, assistant prof.*

INFLUENCE OF PROCESS PARAMETERS ON INDUSTRIAL BREAD WITH PUMPKIN CAKE ADDITION

Ivana Kopic 237-DI

Summary: The aim of the thesis was to perform bread baking with pumpkin cake addition at two different temperatures (210 °C and 230 °C) in industrial conditions and analyse the samples afterwards. During the baking process of the bread water content was analysed and then calculated as well as mass loss that occurred in the baking process, specific volume, texture and colour development. Bread samples were analysed using Volumescan devices and texture analyser, while colour measurement was performed using Minolta Chrom Meter. The results showed that by adding pumpkin cake in the bread paste the loss of water during the baking process reduces as well as the mass loss. Frich's LSD test of the least significant difference has shown that there is statistically significant decrease of specific volume when adding 15 % of pumpkin cake in the bread paste. By increasing the content of pumpkin cake in bread paste the strength and resistance to chewing increases as well, while the cohesiveness and resilience is being reduced. Addition of pumpkin cake in the bread paste does not significantly influence the colour of the bread crust while it does have significant impact on the colour of the bread middle specifically if the part of this content is greater than 10 %.

Key words: bread , pumpkin cake, texture , specific volume , color

Thesis contains: 52 pages
44 figures
2 tables
39 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|---|---------------|
| 1. <i>Marko Jukić, PhD, associate prof.</i> | chair person |
| 2. <i>Daliborka Koceva Komlenić, PhD, associate prof.</i> | supervisor |
| 3. <i>Jasmina Lukinac Čačić, PhD, assistant prof.</i> | co-supervisor |
| 4. <i>Frane Čačić Kenjerić, PhD, assistant prof.</i> | stand-in |

Defense date: July 15st, 2016.

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek

Veliku i iskrenu zahvalu za kraj fakultetskog obrazovanja želim iskazati svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Daliborka Koceva Komlenić bez koje ne bi bila tako blizu prikolica punih zlata niti blizu zlatne prašine, a kamo li osjetila ugođaj prerade zlatnog praha. Dio ovoga uspjeha dugujem i svojoj obitelji (mami, očuhu, baki i djedi) koji su bili tu da me potiču i bodre da idem dalje. Postoje još dva princa kojima dugujem veliku zahvalu, a to su moj brat Fran i dečko Pavle, koji su teško, ali strpljivo čekali da prođu ispitni rokovi kako bi provodili vrijeme sa mnom i time mi dali snagu za ići dalje. Veliko hvala!

SADRŽAJ

1. UVOD	6
2. TEORIJSKI DIO	
2.1. PŠENICA	10
2.2. NUSPROIZVODI PREHRAMBENE INDUSTRIJE.....	12
2.2.1. Bučina pogača.....	13
2.3. SIROVINE ZA PROIZVODNJU KRUHA	15
2.3.1. Pšenično brašno	15
2.3.2. Voda.....	17
2.3.3. Pekarski kvasac i sol.....	17
2.3.4. Dodatne sirovine	18
2.4. TEHNOLOŠKI PROCES INDUSTRIJSKE PROIZVODNJE KRUHA	18
2.4.1. Priprema sirovina.....	19
2.4.2. Izrada tijesta	20
2.4.3. Fermentacija tijesta i obrada tijesta	20
2.4.4. Pečenje kruha.....	22
2.4.5. Hlađenje, pakiranje i distribucija	23
3. EKSPERIMENTALNI DIO	
3.1. ZADATAK	25
3.2. MATERIJALI	25
3.3. METODE	26
3.3.1. Određivanje sposobnosti upijanja vode.....	26
3.3.2. Industrijsko pečenje kruha	26
3.3.3. Određivanje volumena kruha	27
3.3.4. Određivanje udio vode u kruhu.....	28
3.3.5. Određivanje teksture kruha	28
3.3.6. Određivanje boje kruha	30
3.3.7. Statistička obrada rezultata.....	32
4. REZULTATI	33
5. RASPRAVA	48
6. ZAKLJUČAK	53
7. LITERATURA	55

1. UVOD

Kruh je pekarski proizvod mase preko 250 grama proizveden miješenjem, oblikovanjem, vrenjem (fermentacijom) i pečenjem tijesta (NN 78/05) Tijesto za kruh sastoji se od brašna, vode i kvasca, a pored navedenih sastojaka mogu se dodati i začini, dodatci (npr. sjemenke) te aditivi.

Pekarski proizvod s najdužom tradicijom je zasigurno kruh. Smatra ga se poviješću civilizacije jer povijest kruha odnosno uzgoja žitarica dovela je, u konačnici do nastanka poljoprivrede te nastanka naselja i gradova. Ovaj pekarski proizvod datira 12000 godina prije Krista. Kroz cijeli povijesni pregled, kruh zauzima važno mjesto u prehrani svih staleža i kultura. Iako je priprema kruha jedan od najstarijih načina pripreme hrane ipak se ne zna njegovo točno podrijetlo. Kroz povijesni pregled doznajemo da su Europljani kruh upoznali zahvaljujući antičkim Grcima koji su ga donijeli iz Egipta. Procvat same „tehnologije“ proizvodnje kruha događa se u Rimskoj civilizaciji. Pekarski zanat je bio među prvim Rimskim zanatima koji nije spadao pod zanat robova već slobodnih ljudi koji su bili vrlo cijenjeni. Formirani su pekarski cehovi koji nisu dopuštali da se djeca pekara bave drugim poslovima nego li pekarstvom. No ipak po završetku ovoga zlatnog doba za pekare, za taj zanat, ali i sami kruh stiglo je tako zvano „mračno doba“. U ovom razdoblju kruh se pekao od tada jeftinih žitarica poput ječma, raži i zobi. Takove kruhove bilo je vrlo teško proizvesti zbog svojstava navedenih žitarica. Osim što je tehnologija proizvodnje bila vrlo teška, pučanstvo je kruh moglo ispeći isključivo u samostanima i kod vlastelina koji su potom uzimali i naknadu za pečenje. Ipak kroz stoljeća kruh je ponovno postajao cijenjen i dostupniji jer su vladari shvatili da glad uzrokuje pobune te su se pobrinuli da cijena kruha bude stabilna te da si većina pučanstva to može priuštiti. (Cauvain i Young, 1998., Albrecht i sur. 2010)

Drugom industrijskom revolucijom (sredinom 19.stoljeća) dolazi do nastanka prvih pekarnica (manufaktura). Do daljnjeg napretka u pekarskoj proizvodnji došlo je u 20. stoljeću potpunom industrijalizacijom pekarstva. Razvoj mehanizacije i pomoćnih uređaja u pekarskoj industriji stigao je do vrhunca šezdesetih godina prošlog stoljeća. Iako je rad pekarima bio olakšan novim izumima i dalje je ovaj posao imao nedostatke. Nedostatak je bio u tome što je proces fermentacije tijesta vrlo dugo trajao te su pekari bili prisiljeni raditi noću da bi ujutro imali kruh za prodaju. Pekari u Beču došli su na ideju kako usporiti fermentaciju, odnosno kako zamijesiti tijesto po danu, a peći u rane jutarnje sate. Primjenjivali su snižene temperature tijekom fermentacije.

Osim svega navedenog, kroz povijest se smatralo što je tamniji kruh na stolu to je obitelj koja ga blaguje nižeg staleža dok su današnji trendovi nešto drugačiji. Danas se smatra da tamni (crni) kruhovi daju veći doprinos ljudskom organizmu te su oni postali odabir svih onih koji žele uravnoteženu prehranu te onih koji brinu o vlastitom zdravlju. (Cauvain, 2001., Hutkins, 2006., Kulp, 1888.)

Novim trendovi doveli su do razvoja tehnologije pekarstva, postavljanja viših zahtjeva kupaca, ali i do većeg broja različitih vrsta kruhova. Tako su trenutno na tržištu dostupni kruhovi od različiti vrsta žitarica, kruhovi koji su obogaćeni s više vrsta sjemenki te kruhovi rađeni po raznim recepturama.

Prateći i proučavajući nove trendove i dalji napredak i probleme u pekarskoj, ali i drugim industrijama došlo se do ideje da se kruhovi, ali i pekarski proizvodi obogate nusproizvodima drugih prehrambenih industrija. S ciljem rješavanja jednog takovog problema nastao je i ovaj diplomski radi.

Cilj ovoga diplomskog rada je odrediti kako i u kojem udjelu je moguće dodati nusproizvoda prehrambene industrije, u ovom slučaju bučine pogače, te provesti pečenje u industrijskim uvjetima pri dvije temperature pečenja (210 °C i 230 °C). Pečene kruhove pri različitim temperaturama potom analizirati (specifični volumen, boju, teksturu, udio vode i gubitke tijekom pečenja).

2. TEORIJSKI DIO

2.1. PŠENICA

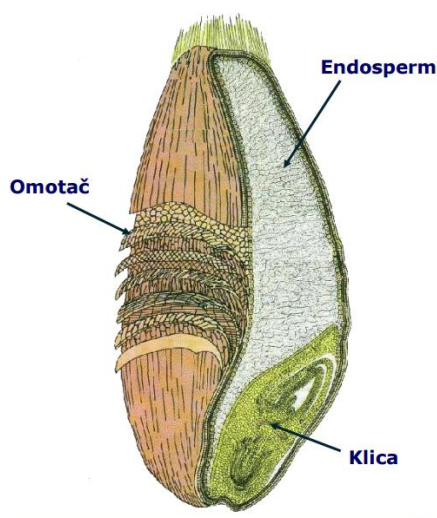
Pšenica (*Triticum species*) je jednogodišnja biljka iz porodice trava (*Poaceae*). Na temelju morfoloških i bioloških obilježja pšenica je prava ili strna žitarica. Pšenica se koristi u mlinarstvu, prehrambenoj i farmaceutskoj industriji. Najznačajnija je ratarska kultura, što potvrđuje i činjenica da je njome zasijana $\frac{1}{4}$ obradivih svjetskih površina (Kovačević i Rastija, 2009.). Razlikujemo ozime i jare pšenice. Razlika između ozimih i jarih pšenica vidljiva je po vremenu sjetve (jesen ili proljeće), dužini vegetacije (ozima ima dužu vegetaciju od jare), busanju (ozime jače busaju od jarih), otpornosti na zimu (ozime podnose niže temperature), otpornosti na visoke temperature i sušu (jare su otpornije od ozimih) te prema kvaliteti zrna (jare daju kvalitetnija zrna i brašno od jarih). (Kent i Evers, 1994, web2)

Po osnovnom morfološkom opisu pšenica se sastoji od korijena, stabljike, lista, cvijeta i klasa. Korijen se nalazi na dubini do 40 cm, a samo manji dio korijena se nalazi na dubini 150-200 cm. Korijen se sastoji od primarnih i sekundarnih dijelova. Primarni dio se razvija u vrijeme klijanja, a sekundarni nakon tri tjedna od nicanja. Optimalna temperatura za rast i razvoj korijena je 20 °C. Stabljika je cilindričnog oblika, sastavljena od koljenaca (5 -6 članaka). Na najdužoj stabljici se razvija klas. Visina stabljike iznosi 50-120 cm. U današnje vrijeme prednost se daje pšenicama s nižim rastom jer su otpornije na polijeganje. (Kent i Evers, 1994, web3)



Slika 1 Građa pšenice (web4)

Cvjetovi su skupljeni u cvat – klas. Cvijet se sastoji od dvije pljevice, dvije pljevičice, prašnika i tučka. Plod pšenice je zrno. Oblik i veličina zrna ovisi o sorti. U klasnu se obično razvija od 30-40 zrna. Bez obzira na sortu svako zrno po sredini ima brazdicu, a vrh zrna se naziva bradica. (web3) Zrno se sastoji od omotača (čini 5% zrna), endosperma (kod većine žitarica čini 90% zrna, te je nositelj većine nutritivnih tvari) i klice (biološki najvažniji dio zrna iako je udio u zrnu svega 1,5-2%) . (Orth i Shellenberger, 1988.)



Slika 2 Uzdužni presjek zrna pšenice

Tablica 1 Prosječan kemijski sastav pšeničnog zrna (Koehler i Wieser, 2013.)

Proteini (N*6,25)	11,3 %
Lipidi	1,8 %
Ugljikohidrati	59,4 %
Prehrambena vlakna	13,2 %
Minerali	1,7 %
Voda	12,6 %

Proizvodima od pšenice podmiruje se oko 20 % ukupne energetske vrijednosti u prehrani čovjeka (Martinčiću i sur., 1996.). Najviše pšenice se uzgaja u svrhu dobivanja brašna, krupice, posija, te za proizvodnju škroba, glutena i alkohola. (Ilić, 1959., Šimundić i sur. 1994). Zrno meke pšenice (*T. aestivum* L. ssp. *vulgare*) je osnovna sirovina u mlinarstvu. Kao produkt mljevenja dobiju se posije, krupica, brašno, okrajci i osjevci. Brašno dobiveno mljevenjem je bogat vitaminima B-kompleksa, lako probavljivo i povoljnog kemijskog sastava (15-17 % proteina, 78 % ugljikohidrata, 1,3 % masti) kako navode Kovačević i Rastija

(2009.). Prema Martinčiću i sur. (1996.) pšenica predstavlja osnovnu hranu za 35 % svjetske populacije, a smatra se kako se čak 70% svjetske populacije se hrani pšeničnim kruhom. Pšenično brašno je osnovna sirovina u pekarskoj industriji zbog svog kemijskog sastava, a najznačajniji parametar je gluten. Gluten je bjelančevina koja daje ljepljivost i elastičnost tijestu te omogućuje oblikovanje pekarskih proizvoda. Osim u pekarskoj industriji, pšenično brašno ima svoju primjenu i u konditorskoj industriji, slastičarstvu, tjesteničarstvu, industriji škroba te u proizvodnji dječje hrane (krupica - griz) (Martinčić i sur., 1996.).

2.2. NUSPROIZVODI PREHRAMBENE INDUSTRIJE

Porastom industrijske proizvodnje prehrambene industrije došlo je i do porasta količine nusproizvoda. Nusproizvod se u prošlosti smatrao otpadom i zbrinjavalo ga se kao takvoga. Takovim pristupom došlo se do velikih ekoloških problema u vidu onečišćenja voda, emisije štetnih plinova, te drugih ekoloških problema koji su postali prijetnja čovječanstvu (Schieber i sur., 2001.; O'Shea i sur., 2012.). Neke prehrambene industrije (kao što su industrija proizvodnje ulja, piva, šećera, prerade voća i povrća) su svoje nusproizvode prodavali po vrlo niskim cijenama kao hranu za stoku. Novi trendovi ljudske prehrane doveli su do niza znanstvenih istraživanja koji su dokazali da u nusproizvodima prehrambenih industrija (uljara, pivovara, šećerana, te industrije prerade voća i povrća) zaostaje visoka koncentracija nutritivno vrijednih sastojaka (kao što su vitamini, minerali, vlakna). Nakon ovih spoznaja krenulo se u rješavanje problema u vidu daljnjeg iskorištenja takovih nusproizvoda. Došlo se do rješenja da bi se tim nusproizvodima mogla poboljšati nutritivna vrijednost nekih drugih proizvoda te tako smanjiti ukupna količina otpada (Yağcı i Göğüş 2010.).

Jedan od nusproizvoda prehrambene industrije nastaje pri proizvodnji hladno prešanog bučinih ulja, a to je bučina pogača. Taj nusproizvod se može primjenjivati pri proizvodnji drugih prehrambenih proizvoda, pa tako i proizvoda industrije kruha, peciva, keksarskih proizvoda i kolača. Tijekom procesa pečenja kako kruha, tako i keksarskih proizvoda, u nekoj mjeri se smanjuje udio vitamina i minerala kojih ima u izobilju unutar bučine pogače, ali se kruh oplemenjuje prehrambenim vlaknima te doprinosi oragnoleptičkim svojstvima.

Tijekom prerade voća, povrća te ratarskih kultura (šećerna repa, pivski ječam itd.) nastaje značajna količina nusproizvoda. Navedeni nusproizvoda u svome sastavu imaju visoku koncentraciju prehrambenih vlakana, vitamina i minerala te ih je moguće raznim tehnološkim postupcima iskoristiti za nove funkcionalne proizvode. Nusproizvode prehrambenih industrija prerade uljarica, voća i povrća mogu će iskoristiti u pekarstvu, konditorskoj industriji, farmaceutskim industrijama (dodatci prehrani, zamjenska hrana) i u mljekarskoj industriji. Osnovni zahtjev novi proizvoda je osigurati zdravstvenu ispravnost proizvoda te osigurati

siguran proizvod. Ukoliko se industrija odluči na prodaju nusproizvoda za ovakove potreba potrebno je osigurati sigurnu doradu (sušenje, mljevenje, pakiranje), spriječiti kontaminaciju nusproizvoda te osigurati skladištenje proizvoda. Ovakav pristup zbrinjavanja nusproizvoda iziskuje dodatna ulaganja. (Šubarić, 2015.)

Nusproizvodi obiluju prehranbenim vlaknima koja se su esencijalni, ne probavljivi kemijski sastojci biljke. Ona se u organizmu razgrađuju i doprinose poboljšanju probave. (Jozinović i sur., 2014.) Prehrambena vlakna imaju svojstvo vezivanja i zadržavanja vode, te na taj način povećavaju volumen unutar probavnog trakta te osiguravaju brži osjećaj sitosti, ali doprinose i poboljšanju peristaltike crijeva te usporavaju hidrolizu polisaharida (web 5) . Prehrana koja je obilna prehranbenim vlaknima zahtjeva i veću konzumaciju vode. Prehranbenim vlaknima po definiciji se smatraju celuloza, hemiceluloza, lignin, inulin, guma, modificirana celuloza, sluzi, oligosaharidi, pektini, voskovi, kutin i suberin (Gullón i sur., 2007.; De Vries, 2001.).

2.2.1. Bučina pogača

Posljednjih godina zabilježen je trend porasta proizvodnje i prerade bučinih sjemenki na obiteljskim gospodarstvima Republike Hrvatske. Područje Međimurja i Podravine bilježi najveći porast proizvodnja. U tim krajevima osim što tlo pogoduje uzgoju ove ratarske kulture, buče i bučino ulje čine dio tradicije.

Buča (*Cucurbita pepo* L.) ili bundeva ima višestruku primjenu. Sjemenka se koriste za proizvodnju vrlo kvalitetnih ulja koja su priznata i cjenjena u kulinarstvu, ali i u farmaceutskim pripravcima te narodnoj medicini. Nadalje bučine sjemenke na tržištu su dostupne kao dobro poznate „zarazne glickalice“. Plod osim sjemenki sadrži i usplođe koje također ima svoje blagodati te je cijene u kulinarstvu, a zbog bogatog nutritivnog sastava našlo je svoju primjenu u proizvodnji dječje hrane, sokova te proizvodnji džemova i kompota. Osim što je namijenjena za prehranu ljudi koristi ju se i ishrani stoke (plodovi, ali i kao silažni), te u poljoprivredi za zelenu prihranu itd. Kako je buča tehnološki zahtjeva za obradu, instituti su razvili sortu tzv. *golicu* čije su sjemenke imaju vrlo reduciranu ljusku. Osim što je reducirana ljuska ova sorta sadrži i viši udio ulja nego druge sorte, od 48 do 52 % ulja. Iako kroz povijesni pregleda je vidljiva statistička stagnacija uzgoja i prerade krajem prošlog stoljeća danas ovi plodovi su vrlo traženi na tržištu kako na području Republike Hrvatske tako i na inozemnom tržištu. (Sito i sur., 1998.).



Slika 3. Buča golica (web 9)

Bučina pogača je nusprodukt proizvodnje bučinog ulja. To je ostatak koji nastaje po istiskivanju ulja iz sjemenki. Na tržištu se nalaze prutići sjemene pogače, ali pogača se prerađuje i u razne namaze te brašno, te se koristi u konditorskoj i tjesteničarskoj proizvodnji kako bojilo i aromatična supstanca. U pogači zaostaje, ovisno o proizvodnoj opremi i uvjetima proizvodnje, oko 12% ulja. Po kemijskom sastavu pogača je bogata kvalitetnim proteinima, vitaminima i mineralima te je upravo iz tih razloga ovaj nusproizvod već ima svoju primjenu u ljudskoj prehrani no moguća je još veća primjena (Brkan, 2013.). Kemijski sastav varira, ovisno o količini ulja i udjelu ljuske. Postoje sorte bez ljuske koje imaju viši sadržaj proteina u odnosu na sorte s ljuskom. Pogače bez ljuske sadrže oko 49% sirovih proteina i oko 7% sirovih vlakana.



Slika 4. Samljevena bučina pogača (web 10)

2.3. SIROVINE ZA PROIZVODNJU KRUHA

Kruh je pekarski proizvod mase preko 250 grama proizveden miješenjem, oblikovanjem, fermentacijom i pečenjem tijesta. Tijesto za kruh može se načiniti iz osnovnih namirnica i dodatnih namirnica. Osnovne namirnice za kruh su brašno i voda te pekarski kvasac (ili druga sredstva za fermentaciju) i kuhinjska sol, a dodatnim sirovinama smatraju se sastojci poput mlijeka i mliječnih proizvoda, raznih sjemenki te razni aditivi i proizvodna pomoćna sredstva. (NN 78/05)

Pod nazivom „kruh“ podrazumijevaju se kruhovi proizvedeni od različitih vrsta brašna, različitih oblika, masa, izgleda kore i sredine, mekoće, okusa i mirisa. Najčešće kruh je kruh načinjen od čistog pšeničnog brašna. Kako se svijest ljudske populacije mijenja tako se sve više u bazno pšenično brašno da daju i druga brašna pa su nam sada poznati i drugi kruhovi (raženi, kukurzni, heljdin, pirov kruh itd.). Pšenično brašno, zbog svojih svojstava (elastičnost, zadržavanje plinova itd.) ostaje kao temeljna sirovina u proizvodnji kruha i peciva. (Schünemann i Treu, 2012)

2.3.1. Pšenično brašno

Pšenično brašno (u daljnjem tekstu brašno) se dobiva iz zdravih i cijelih zrna pšenice. Proizvodnji brašna prethodi priprema zrnene mase što uključuje miješanje zrna različite kvalitete, izdvajanje primjesa (magneti, predsita, trijeri, aspiratori, izdvajač kamenčića i specifično teških primjesa), površinsku obradu (tzv. „crno čišćenje“ s ribalicama, četkalicama), prva hidrotermička obrada zrna (kondicioniranje: hladno, toplo ili parom), druga površinska obrada (tzv. „bijelo čišćenje“ s uređajima za ljuštenje zrna) te druga hidrotermička obrada zrna (zamagljivač). Potom slijedi proces mljevenja zrna. Brašno koje se dobilo mljevenjem se analizira nizom kemijski, fizikalnih, mikrobioloških, reoloških metoda, a sve s ciljem utvrđivanja kvalitete brašna, prehrambenih vrijednosti, kemijskog sastava te zdravstvene ispravnosti. Sve ove analize provode se s ciljem klasiranja brašna, ali i kako bi se dokazao potencijal određenog brašna za određeni komercijalni proizvod. (Kent i Evers, 1994.)

Prema Pravilniku o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta vrši se tipizacija mlinskih proizvoda na temelju količine pepela (računato na temelju količine suhe tvari).

- do 0,45 % za krupicu i bijelo brašno tip 400;
- od 0,50 % do 0,60 % za bijelo brašno tip 550;
- od 0,65 % – 0,75 % za polubijelo brašno tip 700;
- od 0,80 % – 0,90 % za polubijelo brašno tip 850;
- od 1,05 % – 1,15 % za crno brašno tip 1100;
- od 1,55 % – 1,65 % za crno brašno tip 1600;
- do 3,00 % za prekrupu;
- do 2,00 % za brašno i prekrupu iz cijelog zrna;
- do 0,90 % za krupicu iz durum pšenice;
- od 0,90 % – 2,00 % za brašno iz durum pšenice;
- do 5,5 % za klicu;
- do 7,00 % za posije. (NN, 78/05).

U pekarskoj praksi najčešće se koristi brašno T-550 koje je dobiveno iz središnjeg dijela endosperma. Ovo brašno sadrži manji udio minerala u odnosu na brašno T-850 te sadrži veći udio škroba, manji udio nutritivno vrijednih proteina, te manji udio celuloze i masti. Brašna T-550 formiraju bolji ljepak (gluten) nego više tipska brašna, što je za pekarsku industriju vrlo bitno. Zbog dobrih svojstava glutena i slabe enzimske aktivnosti dobiva se tijesto koje je rastezljivo, elastično i stabilno. (Đaković, 1997.)

Brašno po kemijskom sastavu se sastoji od škroba, proteina, lipida i ne škrobnih polisaharida. Škrob je zastupljeniji element u sastavu brašna, oko 70%. Škrob se nalazi u endospermu zrna u obliku mikroskopskih čestica ili granula. Granule se nalaze ili u obliku velikih elipsastih granula ili manje u obliku okruglih granula. Veličina granula nema utjecaj na kvalitetu brašna. Granule su načinjene od dvije vrste lanaca, koji mogu biti ili amiloze ili amilopektini. Procesom mljevenja se narušava struktura granula. Što je veći stupanj mljevenja to će brašno biti pogodnije za proces fermentacije, jer je veća dostupnost ugljikohidrata koji su potrebni za proces fermentacije. U brašnu su prisutni i drugi ugljikohidrati, kao što su monosaharidi, disaharidi, oligosaharidi i polisaharidi. (web 6)

Proteini u pšeničnom brašnu osciliraju udio je od 6 % do 18 %. Udio ovisi o klimatskom okruženju, genetskim faktorima, ali i prihrani pšenice tijekom uzgoja. Proteini mogu biti topivi u vodi i netopivi u vodi (uskladišteni proteini). Uskladištenih proteina ima više čak 85%

ukupnog udjel proteina. Oni formiraju gluten koji je u velikoj mjeri odgovoran za svojstva elastičnosti tijesta, ali i pri zadržavanju plinova unutar tijesta tijekom procesa fermentacije.

Brašno sadrži 1,5 % lipida. Lipidi se dijele na ne polarizirane (triacilglicerol, masne kiseline, seroli i njihovi esteri) i polarizirane (fosfolipidi i glikozidi). Polarizirani lipidi se povezuju sa škrobom i proteinima te doprinose poboljšanje elastičnosti i zadržavanju plinova tijekom fermentacije.

Mineralne tvari (pepeo) osim što utječu na tipizaciju brašna, doprinose i kvaliteti samoga kruha i pekarskih proizvoda, ali utječu i na tehnološki proces. Udio mineralnih tvari iznosi 1,5 % do 2 %. Ovaj udio oscilira u ovisnosti o procesu mljevenja pšenice. Mineralne tvari se nalaze u omotaču pšenice tako da u ovisnosti o tehnologiji mljevenja pšenice ovisi i njihov udio u brašnu.

2.3.2. Voda

Voda je sastavni dio i samoga brašna njen udio je od 13% do 14%. Vlažnosti samoga brašna utječe na proces zamjesa tijesta. Tijekom zamjesa dolazi do bubrenja proteina pod utjecajem vode. Proteini bubre dok se ne postigne odgovarajuća ravnoteža između osmotskog tlaka i tlaka između micela glutena.

Voda koja se dodaje u sami zamjese tijesta je voda za piće. Prema pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, voda za piće je svaka voda koja je u svom izvornom stanju ili nakon obrade namijenjena za piće, kuhanje ili pripremu hrane kao i voda koja se koristi u proizvodnji, preradi te konzerviranju proizvoda ili tvari namijenjenih za konzumaciju ljudi (MPŠVG, 2008.)

2.3.3. Pekarski kvasac i sol

Kvasac je mikroorganizam, ovalna ili kuglasta jednostanična gljiva, nevidljiva golim okom. Najpoznatiji soj kvasaca je *Saccharomyces cerevisiae*, naziva ga se još i pekarskim kvascem. Pekarski kvasac da bi rastao ima potrebu za energijom koju dobiva iz šećera. Osim o udjelu šećera rast i razvoj kvasac ovisi i o temperaturi tijesta i temperaturi okoline. Količina dodanog kvasca ovisi i o samoj aktivnosti kvasca i načinu vođenja procesa. Kvasac pri proizvodnji kruha osim što doprinosi fermentaciji tijesta i volumenu ima ulogu u formiranju arome i okusa kruha. (Schünemann i Treu, 2012)

Kuhinjska sol pri izradi kruha dodaje u količini od 1,6 % do 2,2 % u odnosu na ukupnu masu. Uloga soli nije samo poboljšanje okusa i arome, nego ima i doprinos u učvršćivanju lanaca glutena te utječe na volumen kruha. (Schünemann i Treu, 2012)

2.3.4. Dodatne sirovine

Kako je došlo do razvoja pekarstva tako raste i proizvodnja i primjena dodatnih sirovina. Dio dodatnih sirovina se dodaje s ciljem plasiranja novog pekarskog proizvoda (masti, ulja, šećeri, bojila, file itd.), a dio s ciljem poboljšanja brašna ili kako bi se olakšao tehnološki proces (spriječilo lijepljenje za uređaje i alate, kako bi se tijesto lakše oblikovalo itd.). Pekarska proizvodnja teži ka dobivanju najboljeg brašna za izradu pekarskih proizvoda no kvaliteta i svojstva brašna ovise i o vremenskim uvjetima u vrijeme sjetve i žetve tako da je ponekad neophodno koristiti razne poboljšivače u proizvodnji kruha i pekarskih proizvoda. (web 1)

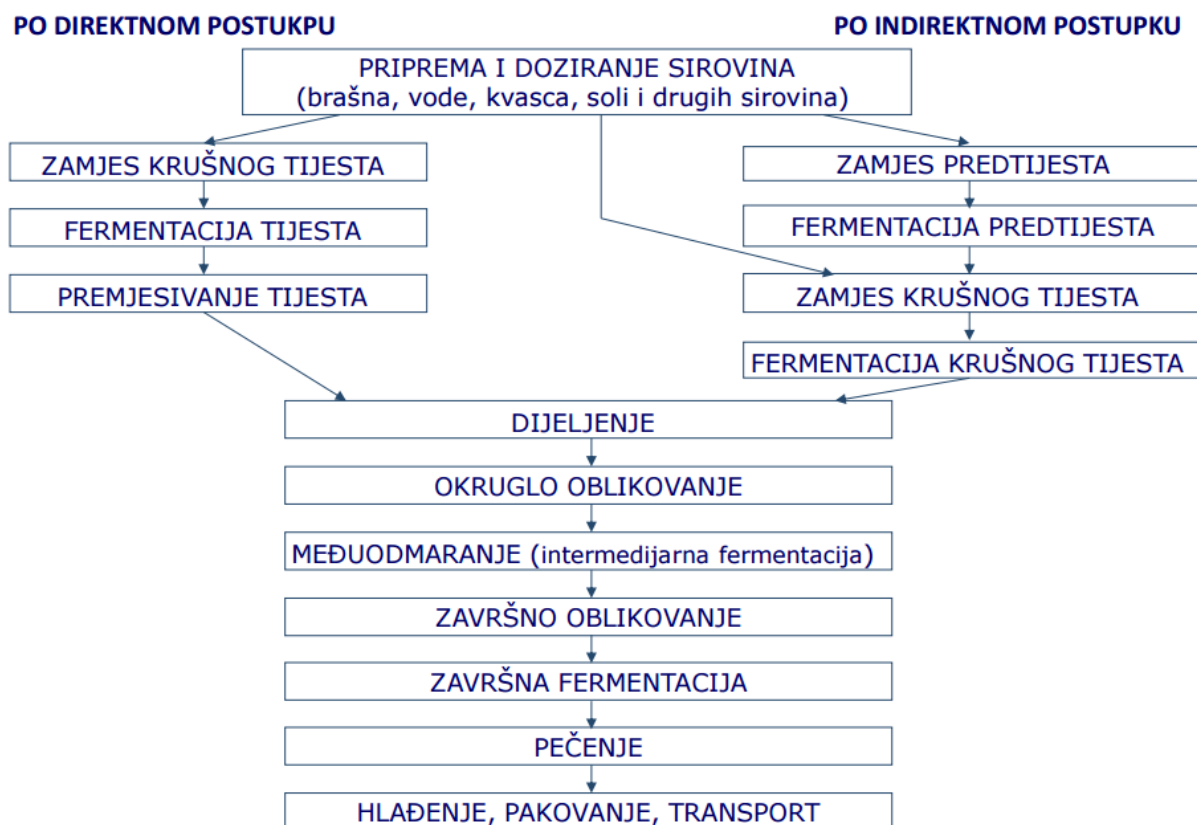
Pšenično brašno se najčešće primjenjuje u pekarskoj industriji, jedan od razloga je i taj što jedino pšenično brašno ima veći udio glutena. Gluten je protein koji je u najvećoj mjeri zaslužan za elastičnost tijesta, ali i za specifični volumen konačnog proizvoda. S obzirom da nije uvijek moguće osigurati brašno s dovoljno jakim glutenom, bilo je potrebno osmisliti način kako poboljšati gluten. Na tržištu se nalaze različiti proizvodi suhoga gluten koji se dodaju prilikom zamjes te doprinose fermentaciji i u konačnici i volumenu gotovog proizvoda te drugi poboljšivači i emulgatori. (Bode i sur., 2007.)

2.4. TEHNOLOŠKI PROCES INDUSTRIJSKE PROIZVODNJE KRUHA

Tehnološki proces industrijske proizvodnje kruha dijeli na temelju pripreme samoga tijesta prema toj osnovnoj podjeli postoji direktni i indirektni zamjes tijesta.

Direktni zamjes tijesta podrazumijeva da se svi sastojci predviđeni po recepturi izvažu stave u mjeslicu i vrši se zamjes.

Indirektni zamjes podrazumijeva da dio sirovina pripremi te da se iz tih sastojaka pripremi predtijesto (predferment). Predtijesto se koristi kao baza za krušno tijesto koje se tek potom mijesi. (Schünemann i Treu, 2012.)



Slika 5. Shematski prikaze tehnološko procesa industrijske proizvodnje kruha

2.4.1.Priprema sirovina

Proces pripreme sirovina je prvi korak procesa proizvodnje kruha. U ovoj fazi vrši se organolopetička provjera sirovi, temperiranje i vaganje sirovina na temelju recepture. Obično se prvo važu praškaste supstance potom masti (ako su u receptu) te na kraju tekuće supstance. Brašno se propusta kroz uređaja za odvajanje metala kako bi se odvojili eventualni metali koji se zaostali u brašnu. Potom, neposredno prije zamjesa vrši se prosijavanje s ciljem postizanja ujednačene granulacije koja olakšava zamjes, ali i doprinosi konačnoj teksturi kruha. (Auerman, 1988.)

Voda koja se koristi mora biti zdravstveno ispravna, što znači bez mikroorganizama i dodatnih tvari. Količina vode koja se dodaje u zamjes ovisi o vlažnosti brašna, ali većinom ona iznosi od 50 % do 60 %. Kod vode je vrlo bitna temperatura te ona za krušna tijesta iznosi od 26 °C do 32 °C. Pekarski kvasac dodaje se na temelju kvalitete brašna no većinom u omjeru od 1 % do 3 %. Količina kvasca treba biti točno određena jer previše kvasca može dovesti do pretjerane fermentacije i rasplinjavanja tijesta, dok premala količina može utjecati na slabu fermentaciju. (Auerman, 1988.)

Sol se može rastopiti u vodi i dodati u zamjes ili se može samostalno dozirati.

2.4.2. Izrada tijesta

Izvagano brašno, voda, pekarski kvasac i dodatne sirovine (bučina pogača) počinju se miješati u mjesilici. Vrlo brzo se razvija visoko elastično tijesto. Tijekom zamjesa dolazi do bubrenja škroba što uzrokuje apsorpciju vode (oko 30%) te povećanje volumena. Proces miješanja osim osnovnog cilja nastajanja tijesta ima i ulogu ugradnje zraka u samu masu. Zrak je potreban jer kroz razvoj tijesta u prostore u kojim se nalazi zrak ulazi CO₂ koji razvija kvasac i dolazio do narastanja tijesta. Vrijeme izrade tijesta ovisi o vrsti i snazi miješalice, a može trajati od 10 minuta do 30 minuta. Tijesto se mora intenzivno mijesiti da se dobro razvije, da zadrži plinove te da kruh dobije rahlu strukturu i odgovarajući obujam. (Schünemann i Treu, 2012)

2.4.3. Fermentacija tijesta i obrada tijesta

Prva faza fermentacije tijesta se može odvijati u zatvorenoj komori ili samo pokrivena. Fermentacija se vrši pri temperaturama od 28 °C do 30 °C. Vrijeme fermentacije ovisi o vrsti tijesta i tipu brašna, kvaliteti brašna te tehnološkom postupku proizvodnje kruha. Tijesto se prije oblikovanja premijesi s ciljem jednake raspodjele mikroorganizama.

Slijedi dijeljenje tijesta. Ovdje se odvaja količina tijesta koja je potreba za gotovi proizvoda. Moguće je po završetku dijeljenja provesti postupak fermentacije, te ga potom premjesti i oblikovati ili se može odmah po završetku dijeljenja oblikovati. Po završetku oblikovanja slijedi druga faza procesa fermentacije (međuodmaranje) u kojem se dodatno tijesto razvija, kvasac daje dodatni volumen završno oblikovanom tijestu. Završna fermentacija se odvija u komori za završnu fermentaciju tijesta. Temperatura unutra komore je od 40 °C do 45 °C, relativna vlažnost zraka iznosi oko 85 %. Optimalna temperatura za rad pekarskog kvasca kreće se od 35 °C do 45 °C. Radom kvasaca nastaje CO₂ koji difundira u tijesto, uzrokuje rast i bujanje oblikovanog tijesta. (Whitworth i Alava, 1999.) Određivanje završetka fermentacije moguće je odrediti prema izgledu i elastičnosti tijesta te analitički prema kiselosti tijesta.

Broj fermentacija i premjesivanja ovisi o kvaliteti sirovina i o željenim svojstvima pečenog kruha.



Slika 6. Komora za fermentaciju (web 11)



Slika 7. Uređaj za oblikovanje tijesta



Slika 8. Kruhovi prije završne fermentacije

2.4.4. Pečenje kruha

Proces pečenja je termički proces u kojemu se pod utjecajem topline dolazi do gotovog proizvoda. Tijekom pečenja, po utjecajem povišene temperature dolazi do niza fizikalnih, kemijskih i biokemijskih procesa unutar tijesta. Rezultati fizikalnih, kemijskih i biokemijskih procesa vidljiv je u promjena oblika tijesta, promjeni veličine, oblikovanje strukture te razvoja okusa i arome. Glavne promjene tijekom pečenja su dobivanje većeg volumena uzrokovano plinovima, isparavanje vode koje uzrokuje smanjenje mase i gustoće te razvoj porozne strukture i boje kore uzrok tome je hidroliza škroba i karamelizacija šećera. (Chevallier i sur., 2002.)

Temperatura i vrijeme pečenja ovise o tipu brašna te vrsti zamjesa, ali i vrsti proizvoda. Crni kruhovi peku se pri temperaturi od 250 °C do 280 °C. Bijeli kruhovi peku se pri nižim temperaturama koje iznose od 210 °C do 230 °C. Osim temperature važan utjecaj na osobine gotovog proizvoda ima utjecaj vlage jer vlaga sprječava naglo oblikovanje kore te omogućuje daljnji razvoj volumena tijesta. Relativna vlažnost unutar pećnice iznosi 70 do 85 %. (Schünemann i Treu, 2012.)

Toplina se unutar tijesta širi u koncentričnim krugovima od vanjskih dijelova prema unutrašnjosti. Vanjski sloj tijesta se vrlo brzo zagrijava i već pri nižim temperaturama (55 - 66 °C) dolazi do koagulacije proteina. Ipak kruh nije moguće ispeći pri tako niskim temperaturama jer voda isparava pri temperaturi od 100 °C. Isparavanje vode uzrokuje sušenje vanjskoga sloja te oblikovanje kore koja postepeno postaje se deblja. Po završetku pečenja vrlo je bitno postepeno hlađenje kruha ili uvođenje kruha u toplu komoru jer naglim hlađenjem dolazi do pucanja kore. U koliko ne postoji komora, kruh je moguće hladiti i na transportnim kolicima pekarnice.



Slika 9. Industrijska pećnica kruha

2.4.5. Hlađenje, pakiranje i distribucija

Kruh nakon pečenja se vadi iz pećnice, u ovome trenutku temperatura sredine kruha je oko 98°C . Proces hlađenja se provodi prirodnim putem (kolica ili transporteri) ili u komorama s kondicioniranim zrakom. Tijekom hlađenja dolazi do gubitaka mase kruha. Ako se hlađenje provodi do temperature od 30°C gubitci mogu biti i do 3% ovisno o vremenu trajanja. Osim o vremenu trajanja hlađenja gubitci mogu biti uzrokovani i veličinom proizvoda, vrstom proizvoda, stupnjem pečenja i temperaturom skladištenja. (Auerman, 1988.)

Kruh se prije procesa pakiranja može rezati pomoću uređaja za rezanje, te ga se pakira u za to predviđenu ambalažu.

Zapakirani proizvod se dalje transportiraju u kašetama, do mjesta prodaje.

3.EKSPERIMENTALNI DIO

3.1.ZADATAK

Zadatak ovoga diplomskog rada bio je u industrijskim uvjetima dobiti kruhove s dodatkom 5%, 10% i 15% bučine pogače (nusproizvoda prehrambene industrije) pri temperaturama 210 °C i 230 °C. U sklopu istraživanja kvalitativnih svojstava kruha pratio se udio vode, gubitci pečenjem, tekstura te promjena boje korice i sredine tijekom pečenja (nakon 7, 14 i 21 minute pečenja - gotovi proizvod).

3.2.MATERIJALI

Sirovine:

- 2000 g brašnaste sirovine (100 %)
- 36 g pekarskog kvasca
- 30 g kuhinjske soli (1,5 %)
- 37,2 g šećera (1,86 %)
- 0,1 g askorbinske kiseline (0,005 %)
- voda (prema sposobnosti upijanja vode)
- bučina pogača (zamjena za pšenično brašno u udjelu 5 %, 10 % i 15 %)

Priprema sirovina:

- 1000 g brašna vlažnosti 14 %; masa brašna za zamjes korigira se prema vlažnosti brašna prema formuli:

$$m_B(g) = \frac{100-14}{100-w_{H_2O}(\%)} * 1000 \quad (1)$$

- Voda za zamjes izračuna se prema sposobnosti upijanja vode:

$$m_{H_2O}(g) = \frac{\text{sposobnost upijanja vode (\%)} \cdot m_B(g)}{100} \quad (2)$$

3.3. METODE

3.3.1. Određivanje sposobnosti upijanja vode

U porculansku zdjelicu se izmjeri 20-30 g brašna (smjese pšeničnog brašna i samljevene bučine pogače). U središnjem dijelu napraviti udubljenje i u taj prostor pipetom dodati 10 cm³ vode. Smjesu mijestiti pomoću staklenog štapića dok se ne dobije kompaktna masa. Zatim pobrašniti dlan i masu u cijelosti prenijeti na ruku te pomoću dva prsta zamiseti masu koja se ne lijepi za prste, ali da ne bude pretvrdo. Dobiveno tijesto se važe te se izračunava udio vezene vode preko razlike težine tijesta i utrošene vode. Rezultat proračuna daje podatak o udjelu vezane vode na 100 g brašna.

Izračunavanje:

$$Udio\ vezane\ vode = \frac{10 \cdot 100}{masa\ upotrebljenog\ brašna} = \frac{1000}{a - 10} \quad [\%] \quad (3)$$

gdje je *a* oznaka za masu tijesta.

3.3.2. Industrijsko pečenje kruha

Industrijskom pečenju kruha prethodilo je laboratorijsko probno pečenje kruha. U laboratorijskim uvjetima bilo je potrebno definirati recepturu zbog toga što se koristila specifična brašnasta masa (pšenično brašno i bučina pogača). Došlo se do rezultata koji su potvrdili mogućnost oblikovanja i pečenja kruha s dodatkom bučine pogače te se krenulo u industrijsko probno pečenje.

U pogonu, kao i u laboratoriju, brašno je potrebno prosijati te izvagati sve potrebne sirovine prema recepturi. Brašno, kvasac i šećer se prenese u industrijsku mjesilicu. U odvaganoj potrebnoj količini vode otopi se sol i askorbinska kiselina. Otopinu dodajemo u mjesilicu i provodi se postupak zamjesa. Nakon zamjesa, tijesto se vadi iz mjesilice i okruglo ga oblikujemo u „loptice“ mase 400 g (juhke). Tako oblikovano tijesto stavljamo na fermentaciju 30 minuta (temperatura 30 °C ± 1 °C i relativna vlažnost 85 ± 5%). Nakon završene (prve) fermentacije provodimo istanjivanje te oblikovanje veknice kruha pomoću tzv. frkalice. Oblikovane veknice stavljamo u komoru za fermentaciju tijekom 50 minuta pri temperaturi 30 °C ± 1 °C i relativnoj vlažnosti 85 ± 5 %. Nakon druge fermentacije, tijesto stavljamo u zagrijanu pećnicu na temperaturu od 210 °C ± 5 °C, odnosno 230 °C ± 5 °C. Kruhovi se podvrgavaju procesu pečenja, uz obvezno doziranje vodene pare. Nakon svakih 7 minuta pečenja (nakon 7, 14 i 21 minute pečenja) vadili su se smo uzorci koji su se koristili za analize u laboratoriju.



Slika 10. Prikaz uzorka kruha s 10% udjelom bučine pogače pečenog pri 210 °C

3.3.3. Određivanje volumena kruha

Volumen kruha je jedna od glavnih komponenti kontrole kvalitete kruha. Mjerenjem volumena kruha mogu se dobiti podaci o gustoći mrvica kruha i snazi glutena u brašnu.



Slika 11. Volscan Profiler (web 7)

Volumen kruha u ovom ispitivanju se mjerio na uređaju Volscan Profiler (slika 9). Volscan Profiler laser na osnovu skeniranja mjeri volumen kruha i pekarskih proizvoda s maksimalnim dimenzijama dužine 600 mm i promjera 380 mm. Analiza na ovom uređaju traje manjim od 60 sekundi po uzorku. Umjesto samo ocjenjivanja volumena kao kod klasične metode određivanja pomoću sjemenki, Volscan Profiler ima mogućnost automatski izračunati nekoliko odgovarajućih parametara kao što su visina, širina, dužina i težina. On također omogućava brzi trodimenzionalni digitalizaciji prikaz kruha (web7).

3.3.4. Određivanje udjela vode u kruhu

Udio vode u kruhu se određuje sušenjem uzorka. Sušenje se provodi u paralelama po zonama kruha (korica, sredina uz koricu i sama sredina). Određivao se i udio vode u tijestu prije pečenja.

U suhe posudice za sušenje, kojima je određena masa, važe se 5 – 6 g usitnjenog uzorka, te se posudica zatvori. Pri procesu sušenja posudice se u sušioniku otvore, a poklopac se ostavlja u sušioniku uz posudicu. Sušenje se provodi u sušioniku pri temperaturi od 130 °C. Proces sušenja traje oko 1 sat i 30 minuta, odnosno do konstante mase uzorka. Udio vode u tijestu te kruhovima koji su pečeni 7, 14 i 21 minutu računa se pomoću formule:

$$w_v = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \cdot 100 \quad (4)$$

gdje je:

m_0	- masa uzorka prije sušenja [g]
m_1	- masa uzorka nakon sušenja [g]
w_v	- udio vode (vlage) [%]

3.3.5. Određivanje teksture kruha

Uređaj koji je koristi za određivanje teksture uzorak je TA.XT plus, a dobiveni rezultati se obrađuju sa softverom TextureExponente 32.

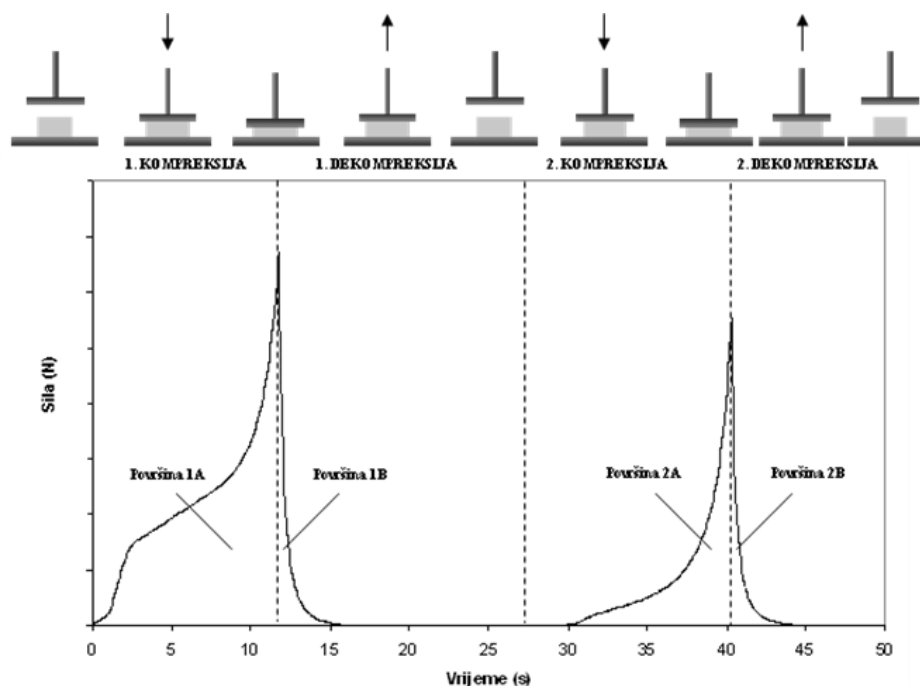


Slika 13. Uređaj TA.XT Plus TextureAnalyzer

Za analizu je potrebno izrezati kriške kruha jednakih debljina (25 mm). Pri mjerenju se koriste 4 kriške iz središnje dijela kruha te ih se podvrgava dvostrukoj kompresiji cilindričnog nastavka P/36R promjera 36 mm. Prethodno su zadani parametri mjerenja:

- kalibracija visine: 30 mm
- brzina prije mjerenja: 1 mm/s
- brzina mjerenja: 1,7 mm/s
- brzina nakon mjerenja: 5 mm/s
- dubina prodiranja cilindra: 10 mm (40 %)
- vrijeme zadržavanja između dvije kompresije: 5 s
- potrebna sila za početni signal: 5 g

U tijeku provođenja analize uređaj zapisuje krivulju promjene sile potrebne za kompresiju uzorka na temelju prethodno određenih parametara. Temeljem dobivenih krivulja moguće je odrediti čvrstoću, kohezivnost, elastičnost te otpor žvakanju.



Slika 14. Prikaz krivulje teksturalnog profila kruha

Čvrstoća predstavlja visinu prvog pika (u jedinicama sile, N ili mase, g).

Kohezivnost je snaga unutrašnjih veza materijala potrebna da zadrži uzorak koherentnim pri deformaciji, a definirana je omjerom površina ispod drugog i prvog pika (Površina 2AiB/Površina 1AiB).

Elastičnost predstavlja tzv. trenutnu elastičnost, odnosno mjeru oporavka uzorka od deformacije pri prvoj kompresiji, a definirana je omjerom površine ispod krivulje tijekom prve dekompresije i površine ispod krivulje tijekom prve kompresije (Površina 1B/Površina 1A).

Otpor žvakanju opisuje energija koju je potrebno utrošiti za žvakanje uzorka, odnosno otpor uzorka žvakanju, a izračunava se kao umnožak čvrstoće, kohezivnosti i odgođene elastičnosti.

3.3.6. Određivanje boje kruha

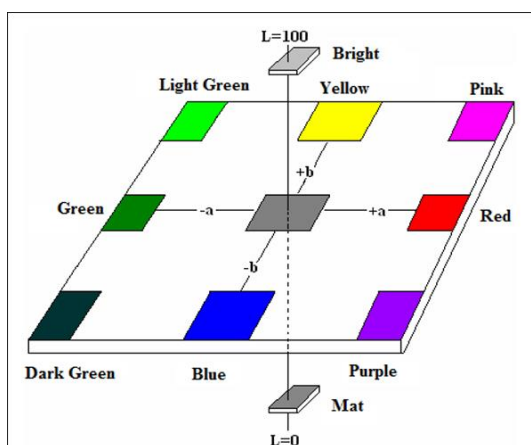
Uređaj za određivanje boje koji smo koristili je kolorimetar Konica Minolta Chroma Meter CR-400. Uređaj se sastoji od mjerne glave s otvorom mjernog promjera 8 mm kroz koji pulsirajuća ksenonska lampa dovodi difuzno svjetlo okomito na površinu uzorka. Reflektirana svjetlost s površine uzorka detektira se pomoću šest osjetljivih silikonskih fotoćelija. Uređaj omogućuje rad u različitim mjernim sustavima (*XYZ, Yxy, CIEL*a*b*, Hunter Lab, L*C*h, itd.). Primjena kolorimetra tijekom mjerenja boje uzoraka kruha temelji se na mjerenju reflektirane svjetlosti s površine osvijetljenog uzorka. Neposredno prije svakog mjerenja instrument je potrebno kalibrirati pomoću standardne bijele keramičke pločice (CR-A43). Određena je boja svježeg tijesta te uzoraka kruhova. Kod uzoraka koju su pečeni 7, 14 i 21 minutu se određivala boja kore i sredine na 6 mjernih točaka.



Slika 15. Uređaj za određivanje boje (Konica Minolta Chroma Meter CR-400) (web 9)

Boja je definirana određenim mjestom CIE $L^*a^*b^*$ prostoru boja. Trodimenzionalni prostor predstavlja tri međusobno okomite osi koje su označene kao $L^*a^*b^*$, a pri čemu je:

- L^* koordinata svjetline s podjelom od 0 (crna) do 100 (bijela);
- a^* koordinata obojenja s pozitivnim i negativnim smjerom tj. vektorom crvene boje, $+a^*$ (engl. redness) i vektorom za komplementarnu zelenu boju, $-a^*$ (engl. greeness);
- b^* koordinata obojenja s pozitivnim i negativnim smjerom tj. vektorom žute boje, $+b^*$ (eng. yellowness) i vektorom komplementarne plave boje, $-b^*$ (engl. blueness).



Slika 16. Prikaz vektora L^* , a^* i b^* (web 12)

Ukupna promjena boje (ΔE) izračunava se na temelju izmjerenih vrijednost boje kruha ($L^*a^*b^*$) pomoću jednadžbe 5.

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (5)$$

ΔE – ukupna promjena boje kruha

L_0^* – parametar svjetline tijesta

L^* - parametar boje uzorka kruha CIE $L^*a^*b^*$ prostora boje – svjetlina boje (engl. *Lightness*)

a_0^* – parametar boje tijesta CIE $L^*a^*b^*$ prostor boje

a^* - parametar boje uzorka kruha CIE $L^*a^*b^*$

b_0^* – parametar boje tijesta CIE $L^*a^*b^*$ prostor boja

b^* – parametar boje uzorka kruha CIE $L^*a^*b^*$ prostor boja

Udaljenost između dvije točke u koordinatnom sustavu (razlika između dvije boje) izračunava se i definira kao fizikalna vrijednost tj. ukupna promjena boje, a odnos između ukupne promjene boje i tolerancije ljudskog oka za uočavanje razlike između boja dana je u tablici 3.

Tablica 2. Odnos između izračunate vrijednosti (ΔE) i tolerancije ljudskoga oka za uočavanje razlike između boja

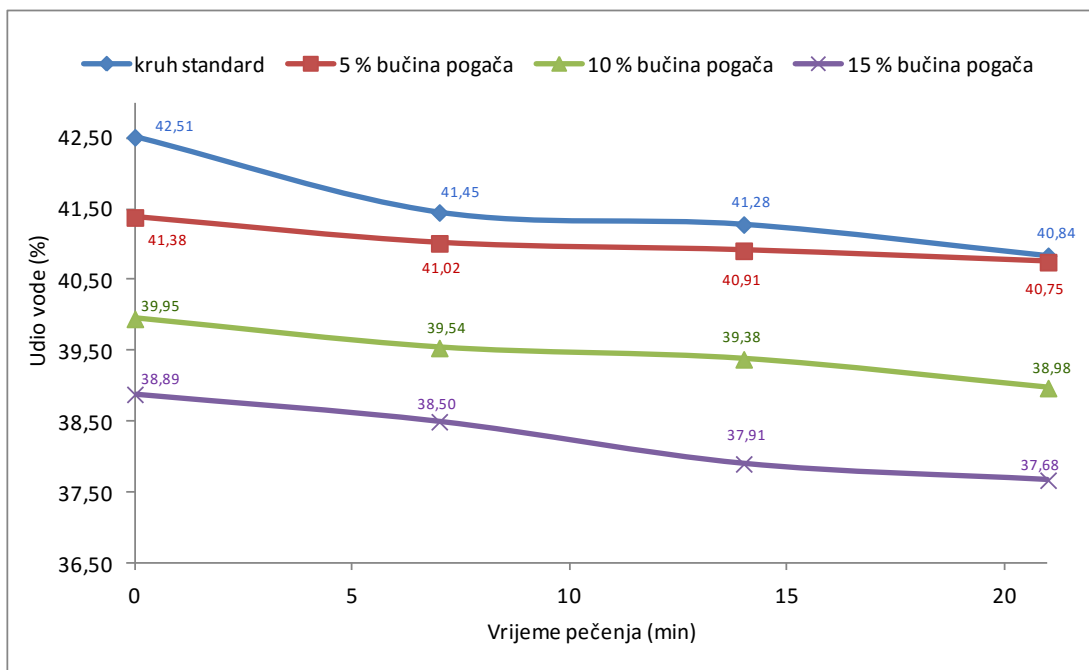
ΔE	oznaka
<0,2	nije uočljiva
0,2-1	vrlo slabo uočljiva
1-3	slabo uočljiva
3-6	uočljivo
>6	vrlo uočljiva

3.3.7. Statistička obrada rezultata

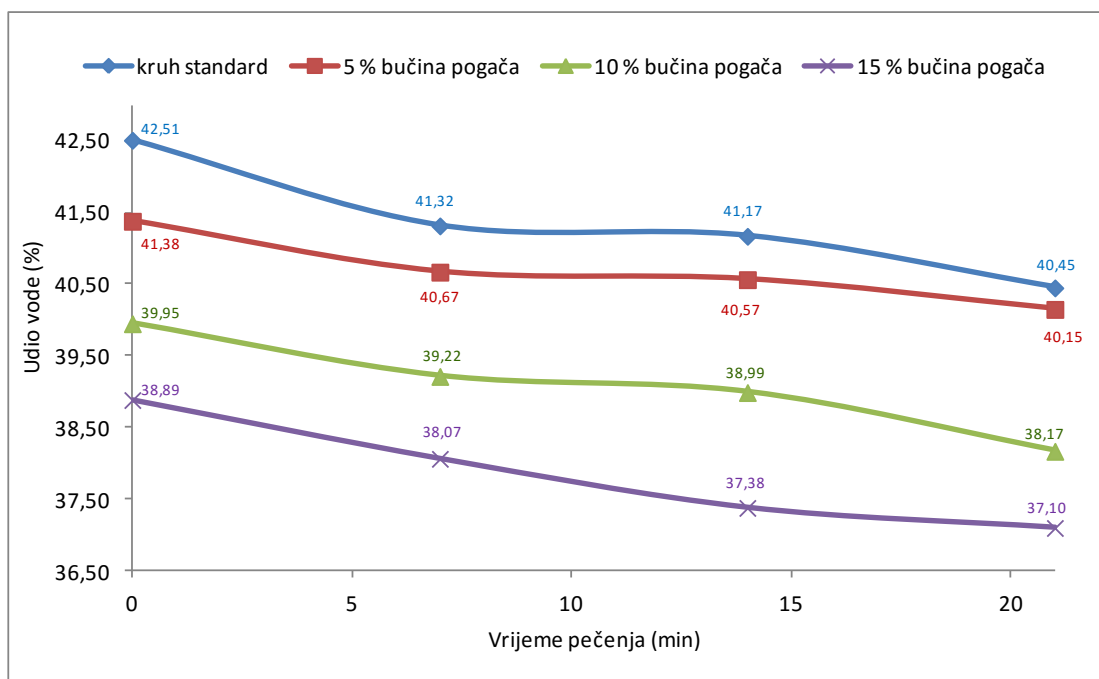
Statistička obrada rezultata dobivenih laboratorijskim istraživanjem provedena je analizom varijance (one-way ANOVA) i potom Fischer-ovim LSD test najmanje značajne razlike (engl. least significant difference) upotrebom programa Statistica 8 i Microsoft Office Excel 2007.

4.REZULTATI

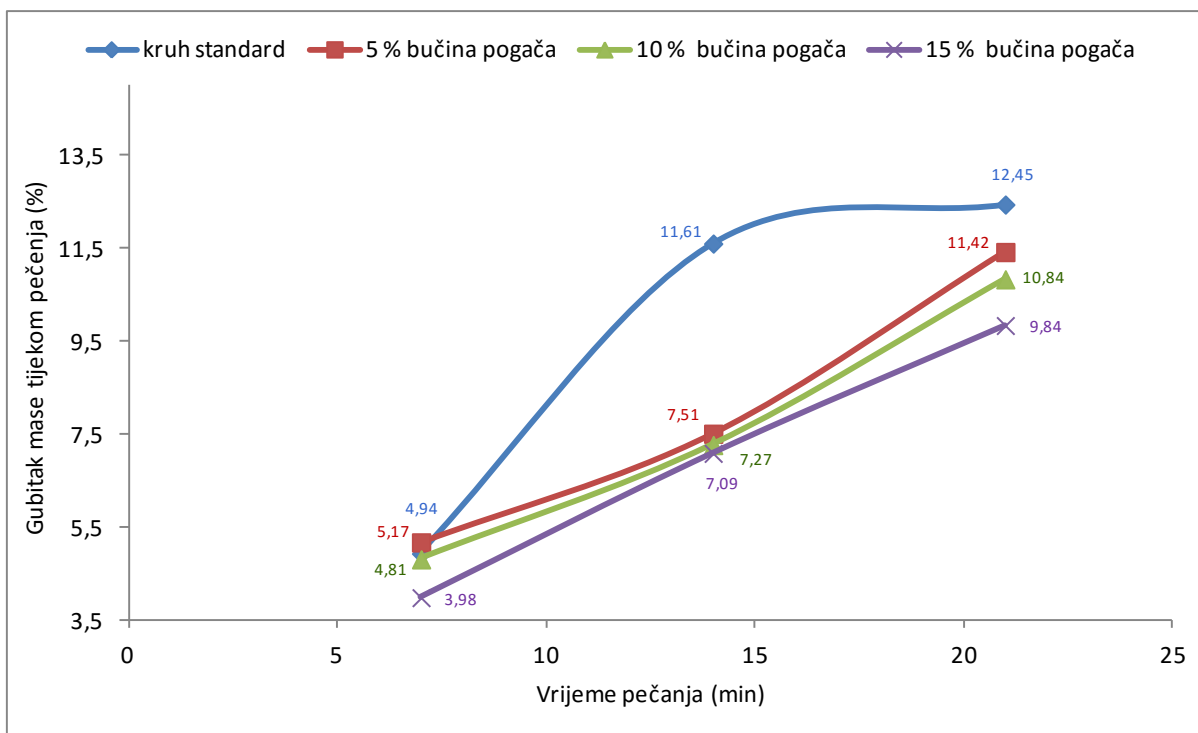
REZULTATI ODREĐIVANJA UDJELA VODE TIJEKOM PEČENJA I GUBITKA MASE TIJEKOM PEČENJA



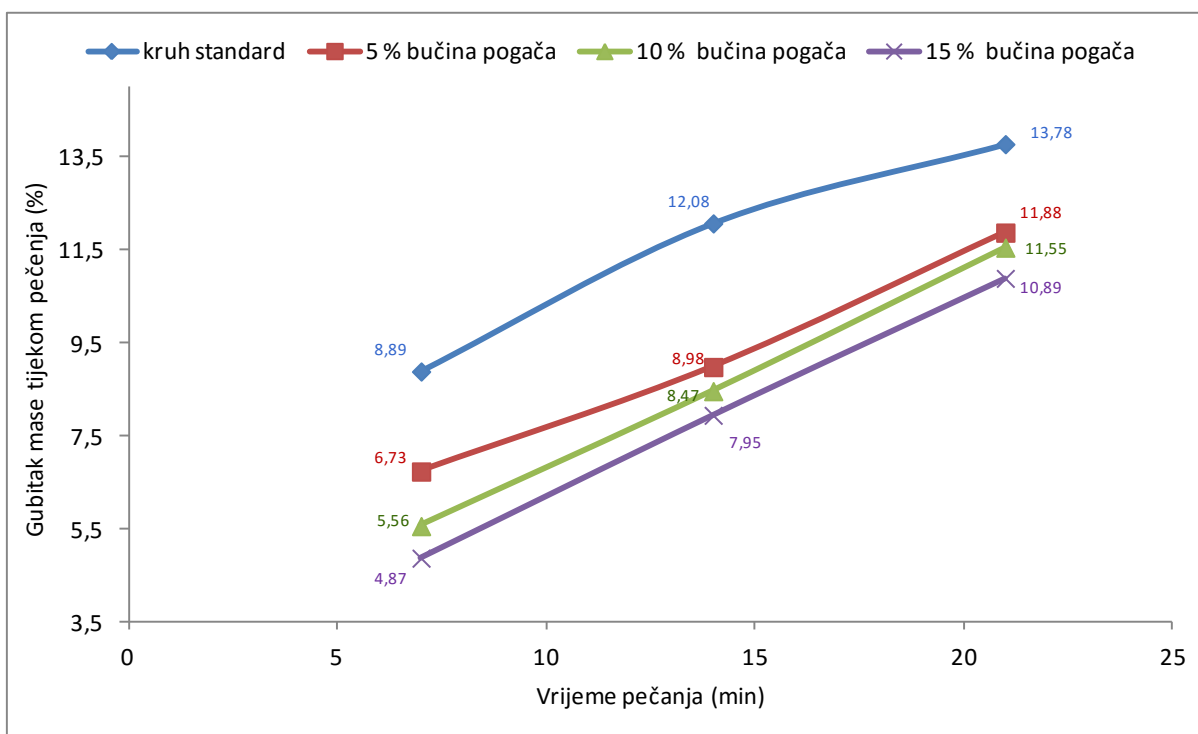
Slika 17. Udio vode u kruhu tijekom pečenja pri temperaturi od 210 °C (standardi uzorak kruha te u kruh s dodatkom različitih udjela bučine pogače)



Slika 18. Udio vode u kruhu tijekom pečenja pri temperaturi od 230 °C (standardi uzorak kruha te u kruh s dodatkom različitih udjela bučine pogače)

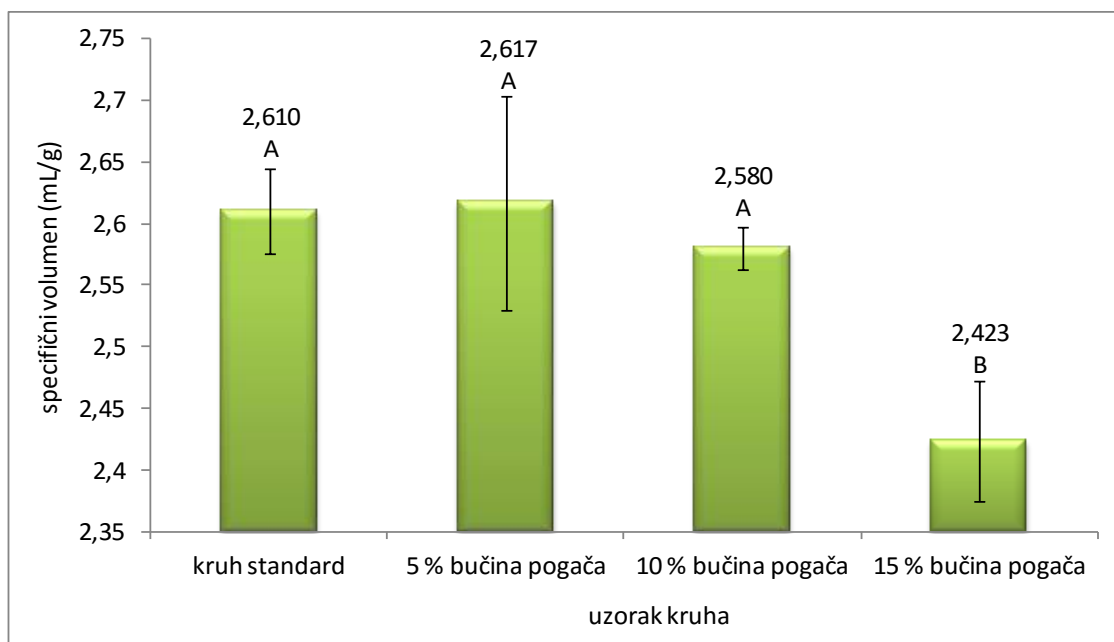


Slika 19. Gubitak mase tijekom pečenja pri temperaturi od 210 °C (standardi uzorak kruha te u kruh s dodatkom različitih udjela bučine pogače) u odnosu na masu tijesta stavljenu u peć



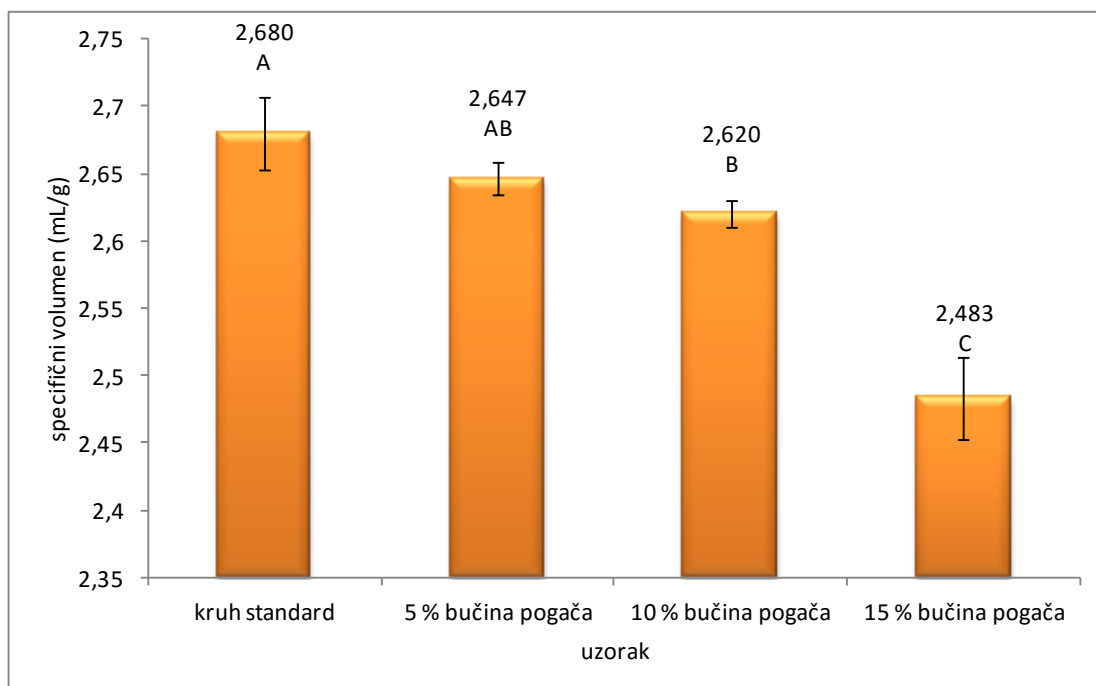
Slika 20. Gubitak mase tijekom pečenja pri temperaturi od 230 °C (standardi uzorak kruha te u kruh s dodatkom različitih udjela bučine pogače) u odnosu na masu tijesta stavljenu u peć

ODREĐIVANJE SPECIFIČNOG VOLUMENA



Slika 21. Rezultati statističke analize specifičnog volumena kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom različitih udjela bučine pogače pečenog pri 210 °C.

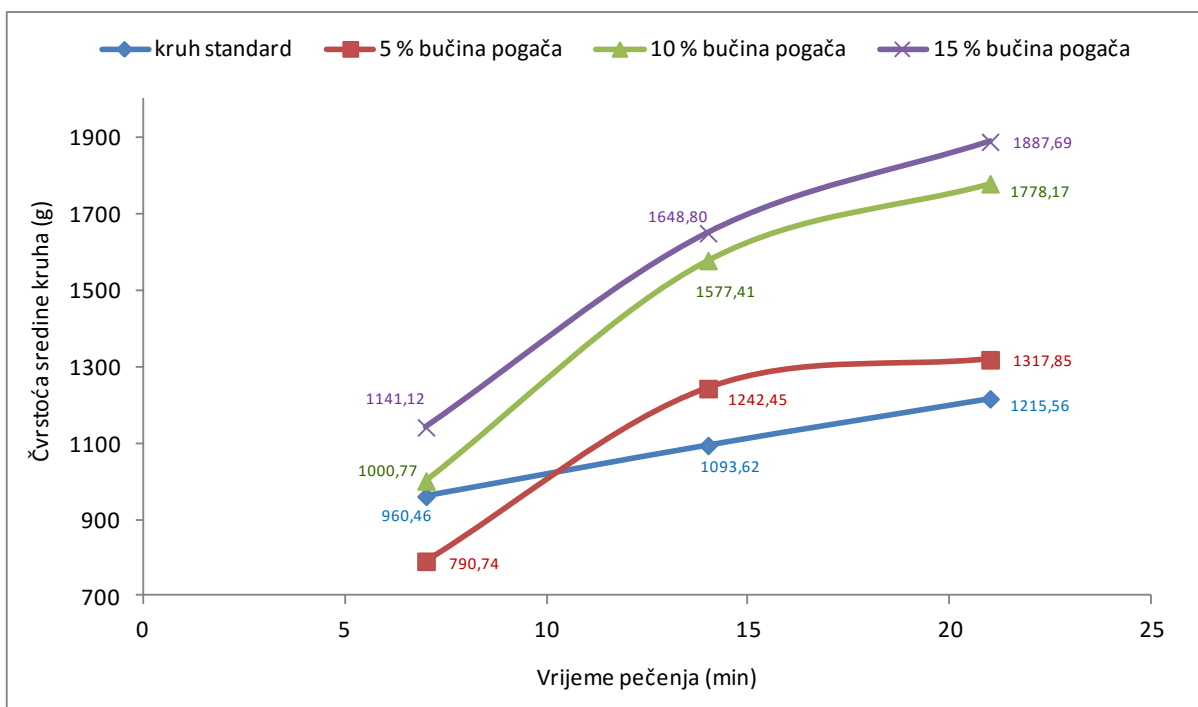
*Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.



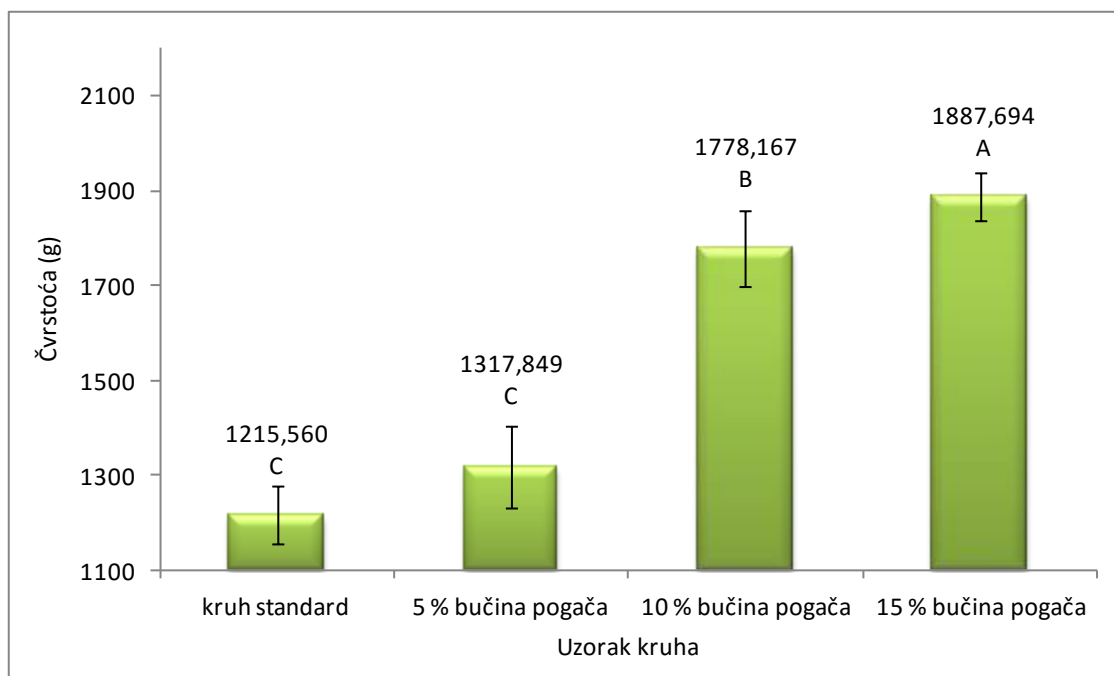
Slika 22. Rezultati statističke analize specifičnog volumena kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom različitih udjela bučine pogače pečenog pri 230 °C.

*Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

REZULTATI ODREĐIVANJA TEKSTURE

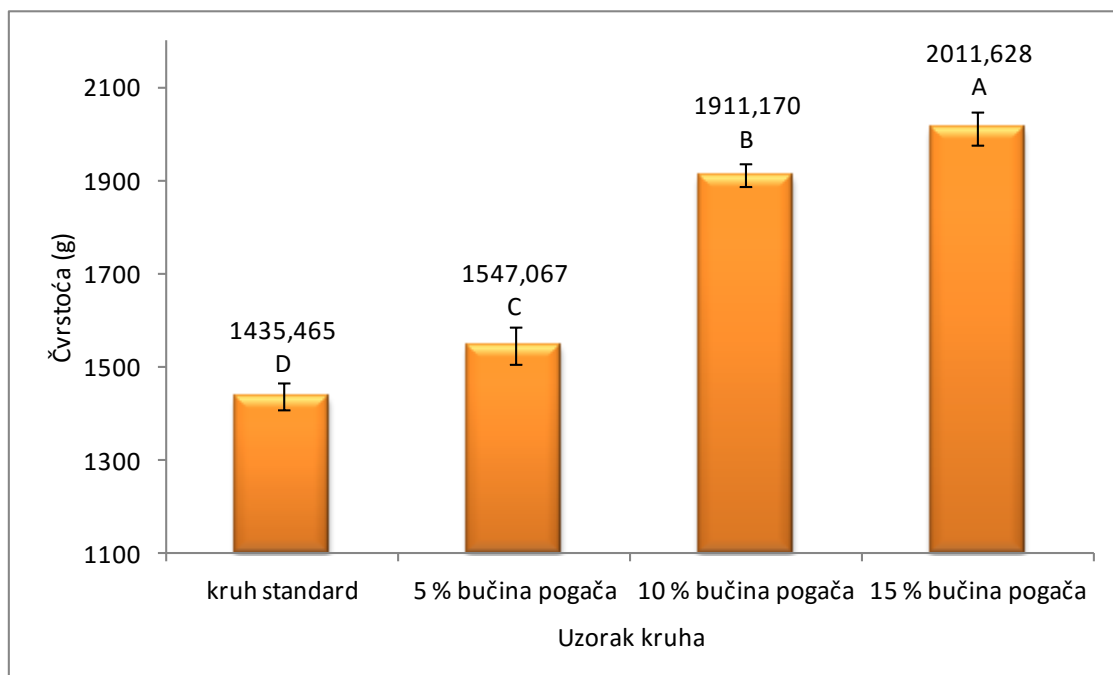


Slika 23. Promjena čvrstoće sredine kruha tijekom pečenja (standardni kruh i kruh s dodatkom različitih udjela bučine pogače) pri temperaturi od 210 °C



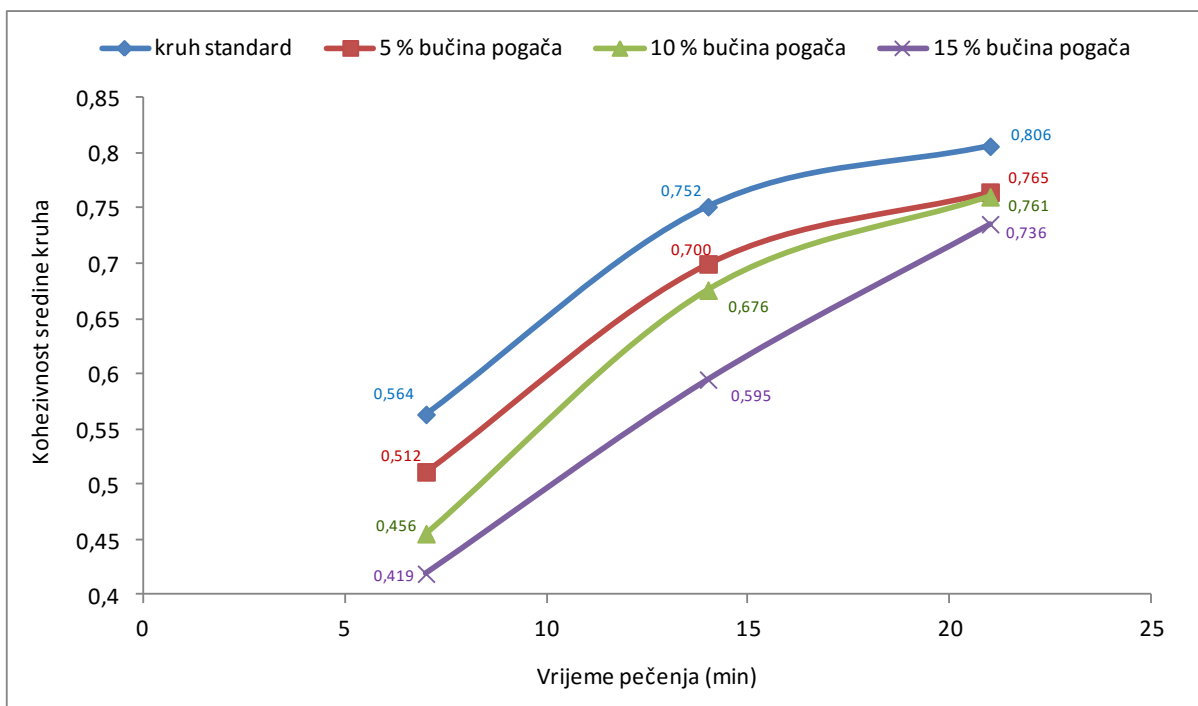
Slika 24. Rezultati statističke analize čvrstoće kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom različitih udjela bučine pogače pečenog pri 210 °C (nakon 21 minute pečenja).

*Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

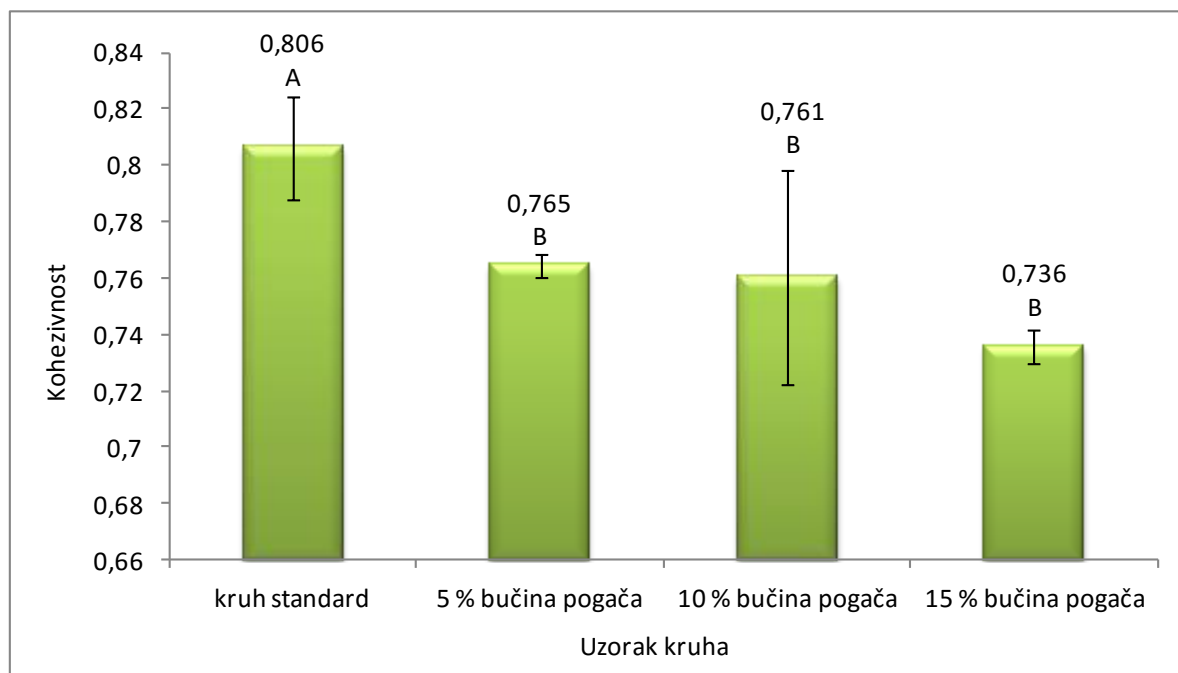


Slika 25. Rezultati statističke analize čvrstoće kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom različitih udjela bučine pogače pečenog pri 230 °C (nakon 21 minute pečenja).

*Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

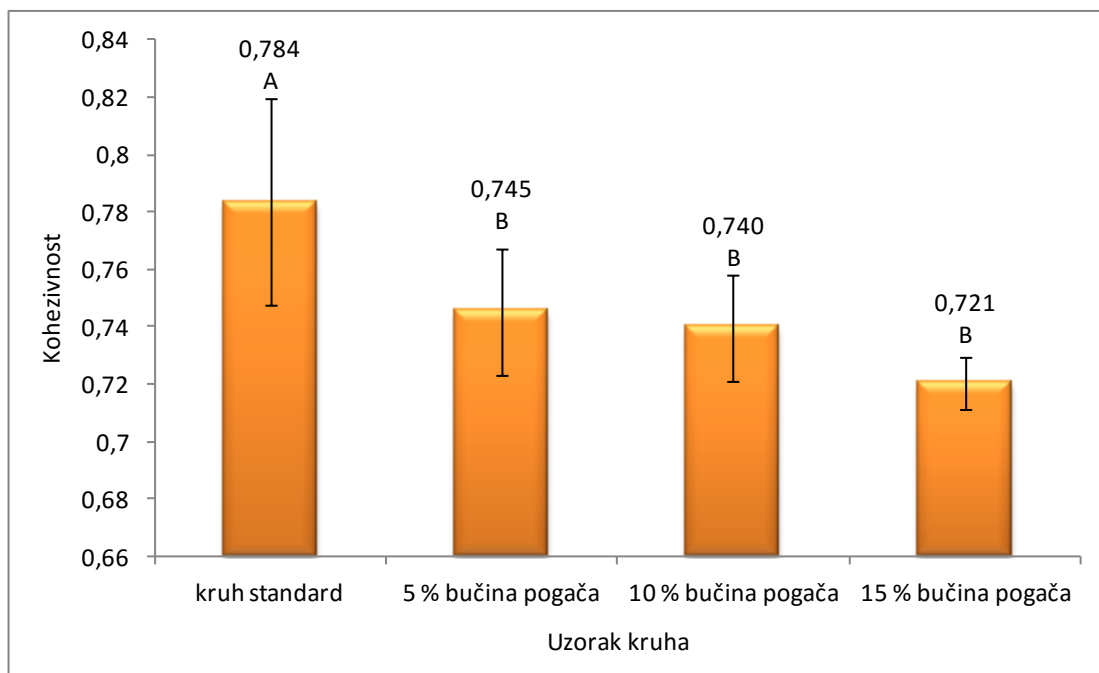


Slika 26. Promjena kohezivnosti sredine kruha tijekom pečenja (standardni kruh i kruh s dodatkom različitih udjela bučine pogače) pri temperaturi od 210 °C



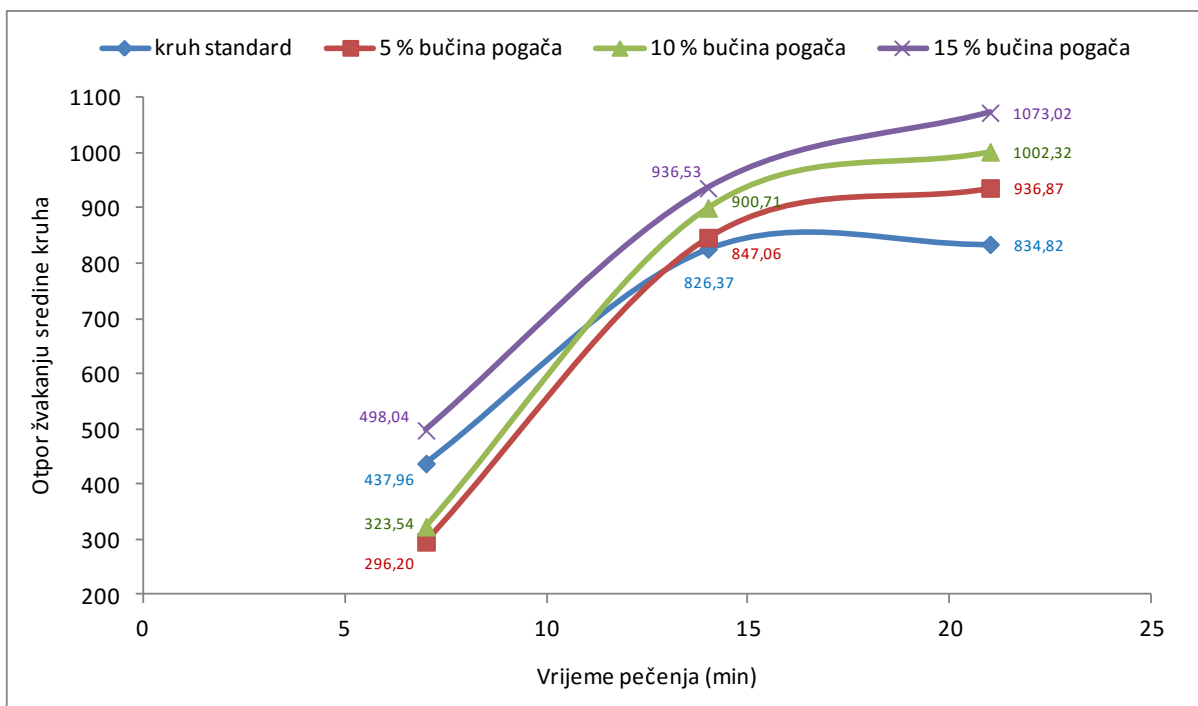
Slika 27. Rezultati statističke analize kohezivnosti kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom različitih udjela bučine pogače pečenog pri 210 °C (nakon 21 minute pečenja).

*Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

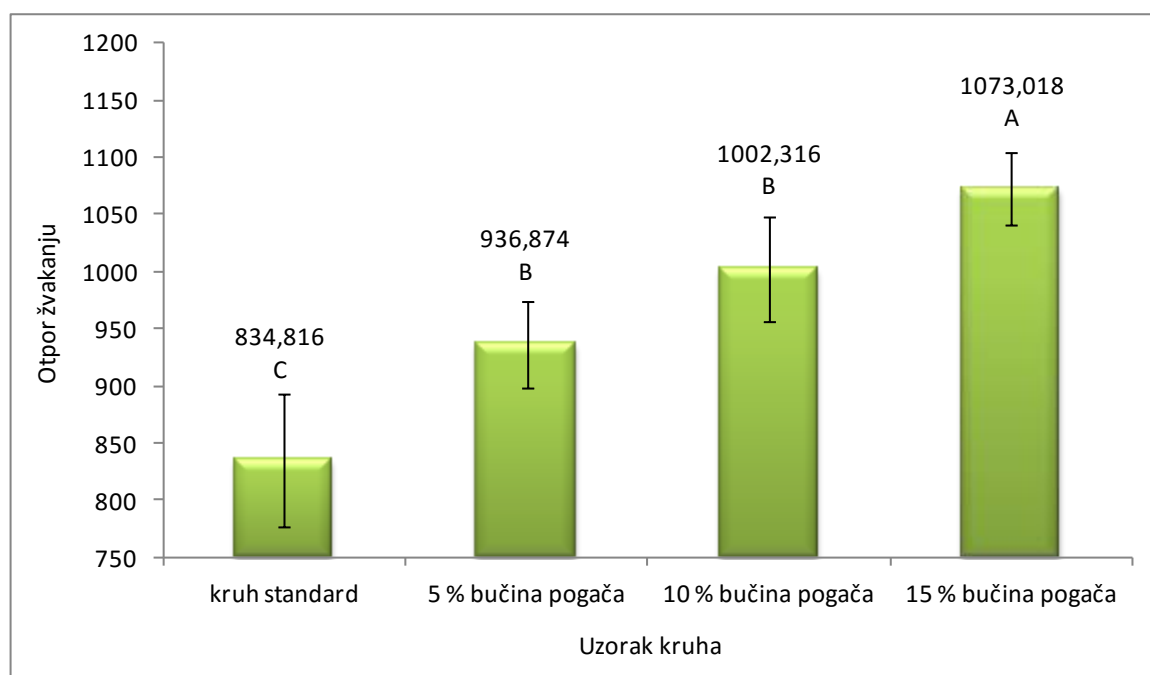


Slika 28. Rezultati statističke analize kohezivnosti kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom različitih udjela bučine pogače pečenog pri 230 °C (nakon 21 minute pečenja).

*Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

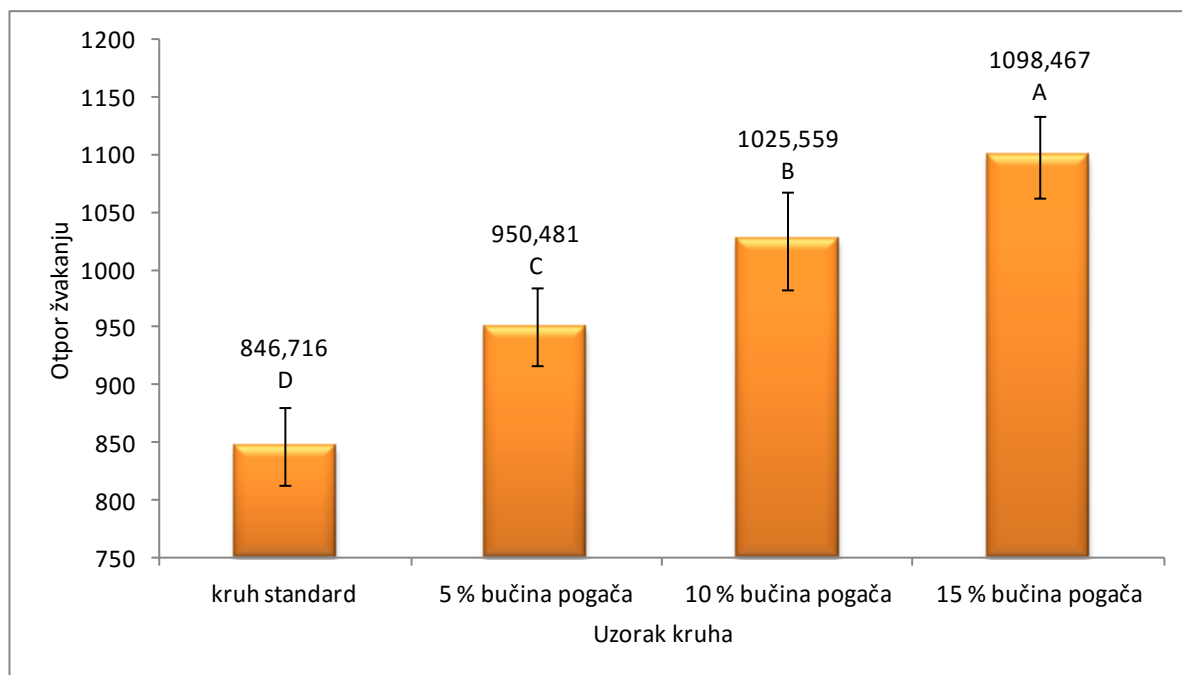


Slika 29. Promjena otpora žvakanju sredine kruha tijekom pečenja (standardni kruh i kruh s dodatkom različitih udjela bučine pogače) pri temperaturi od 210 °C



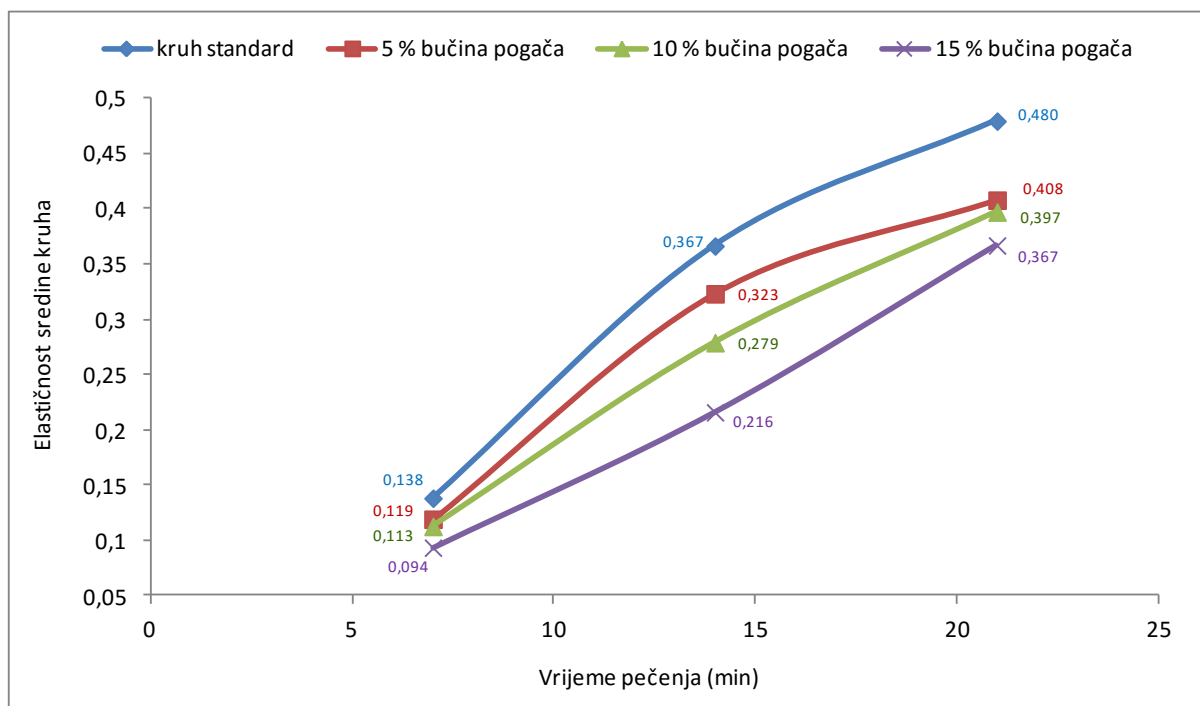
Slika 30. Rezultati statističke analize otpora žvakanju kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom različitih udjela bučine pogače pri temperaturi od 210 °C (nakon 21 minute pečenja).

*Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

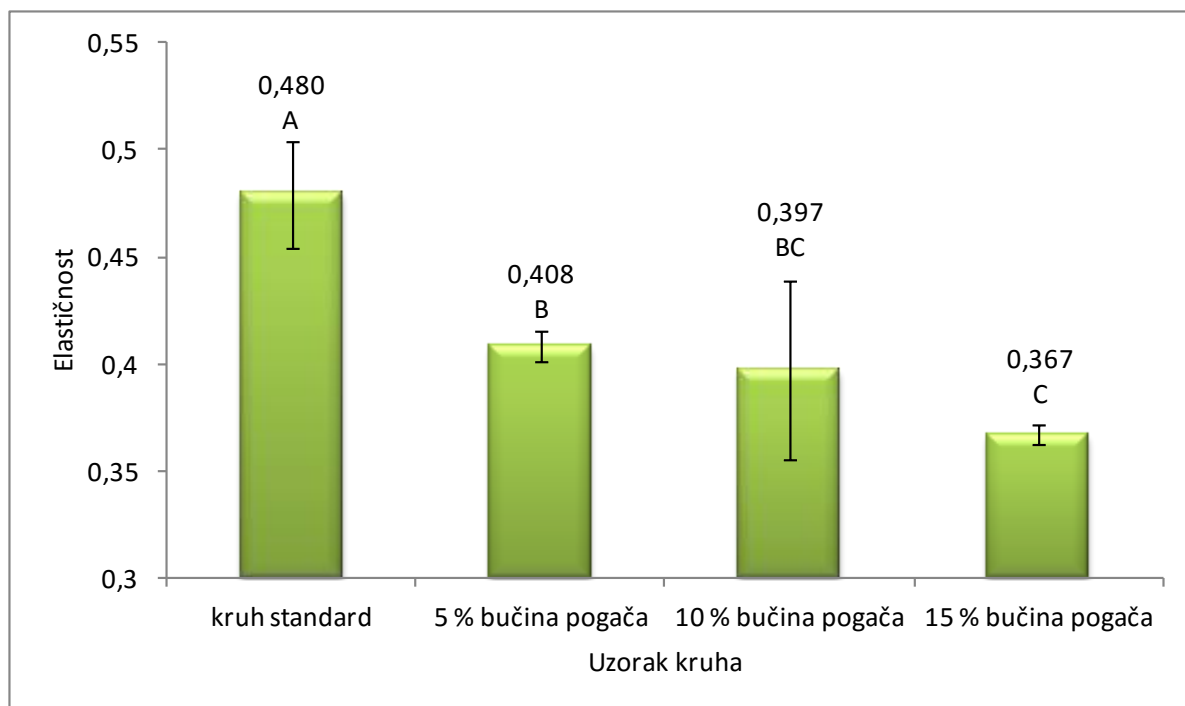


Slika 31. Rezultati statističke analize otpora žvakanju kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom različitih udjela bučine pogače pri temperaturi od 230 °C (nakon 21 minute pečenja).

*Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

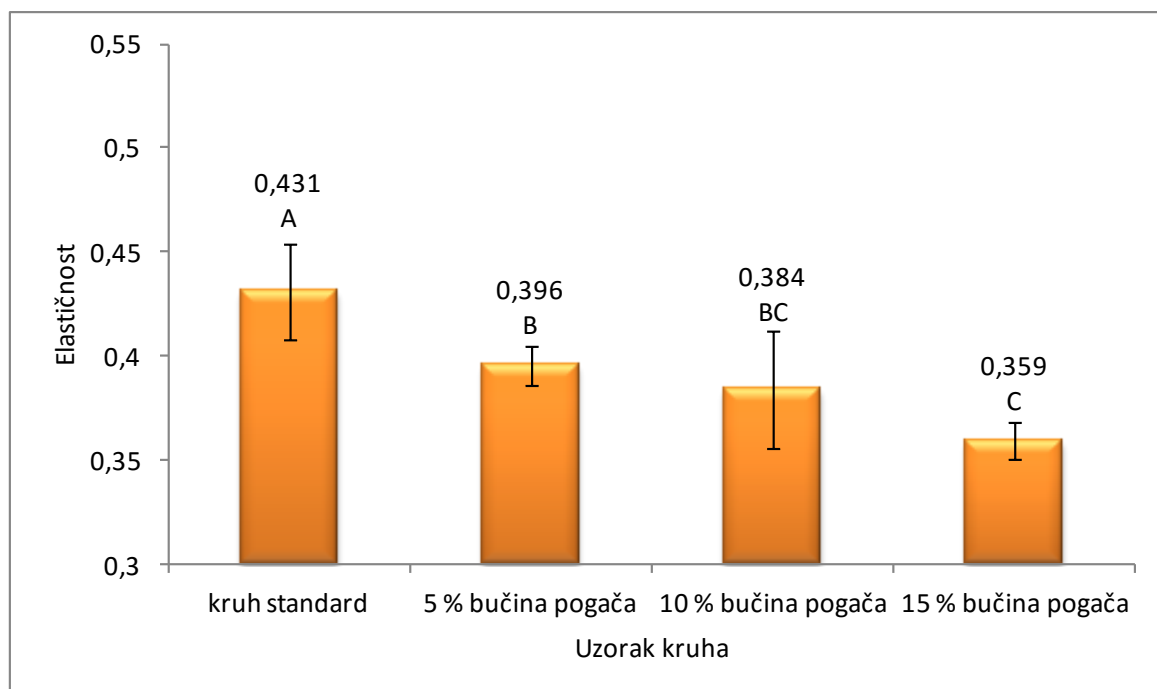


Slika 32. Promjena elastičnosti sredine kruha tijekom pečenja (standardni kruh i kruh s dodatkom različitih udjela bučine pogače) pri temperaturi od 210 °C



Slika 33. Rezultati statističke analize elastičnosti kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom različitih udjela Slika bučine pogače pri temperaturi od 210 °C (nakon 21 minute pečenja).

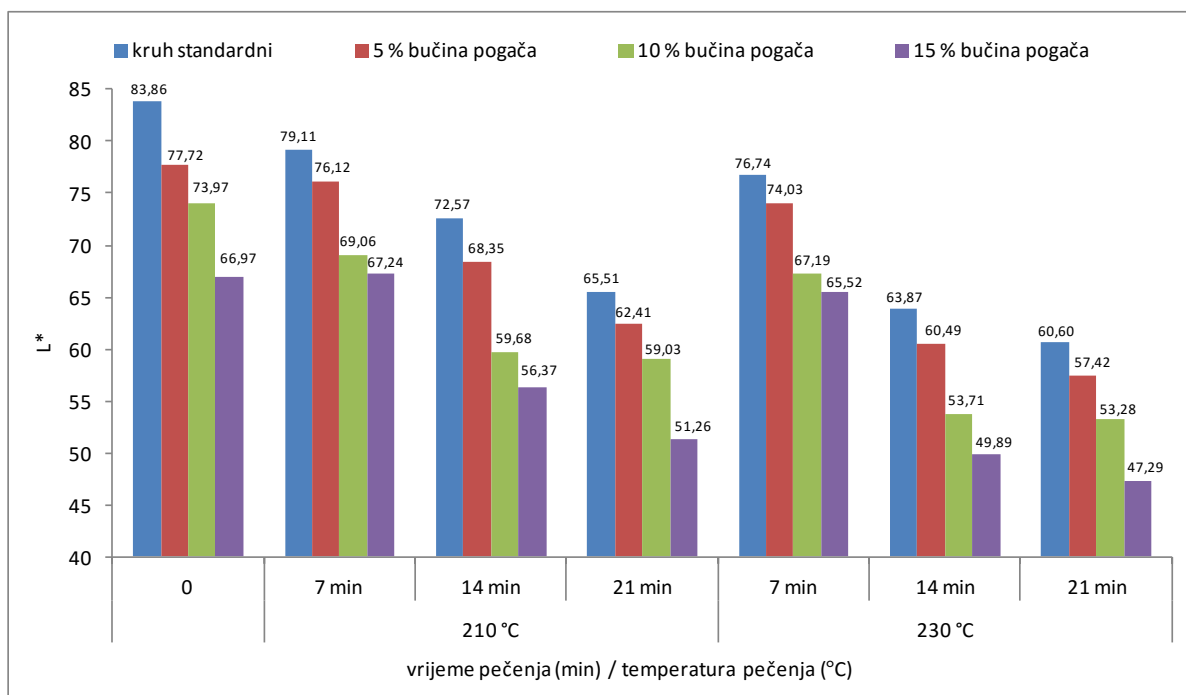
*Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.



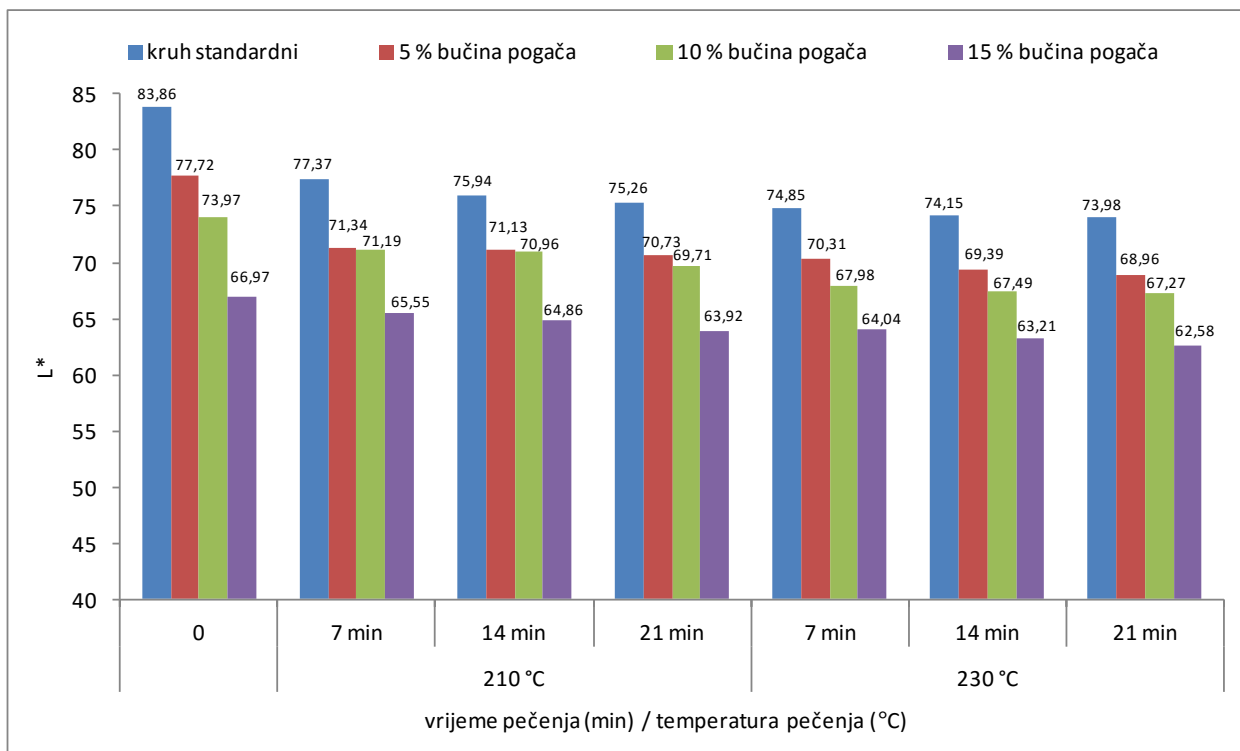
Slika 34. Rezultati statističke analize elastičnosti kruha od pšeničnog brašna i s dodatkom različitih udjela Slika bučine pogače pri temperaturi od 230 °C (nakon 21 minute pečenja).

*Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

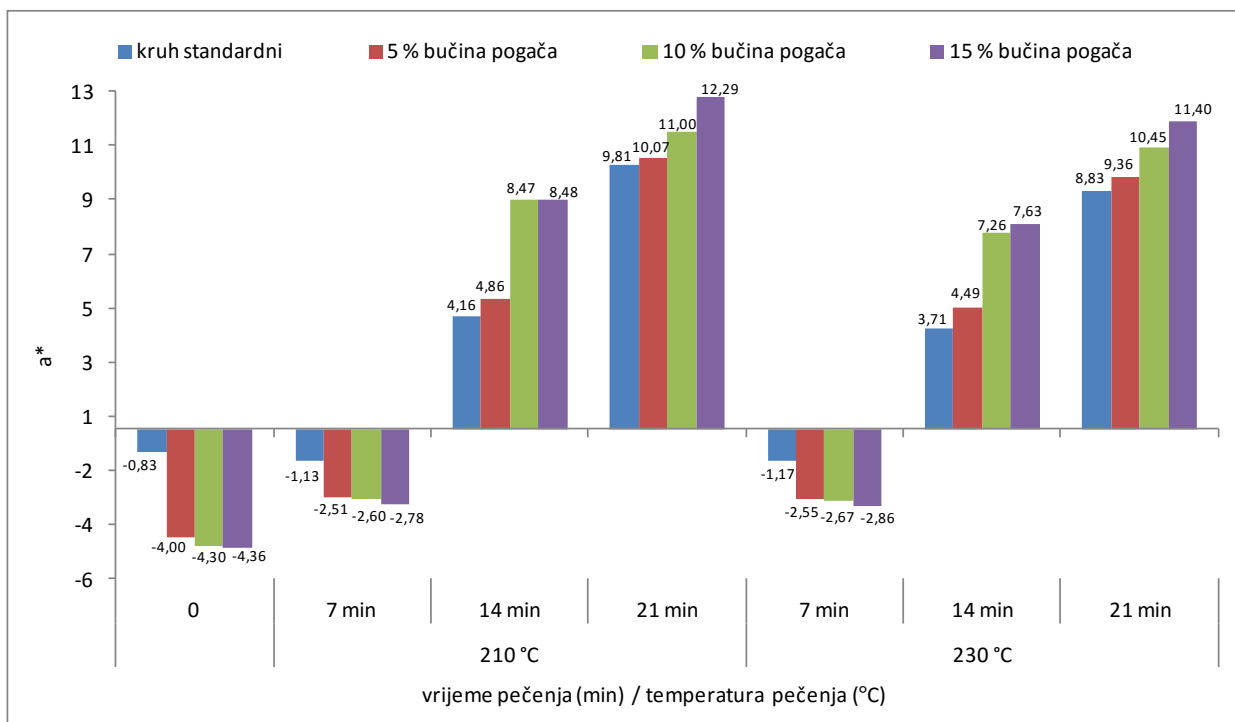
REZULTATI ODREĐIVANJA BOJE



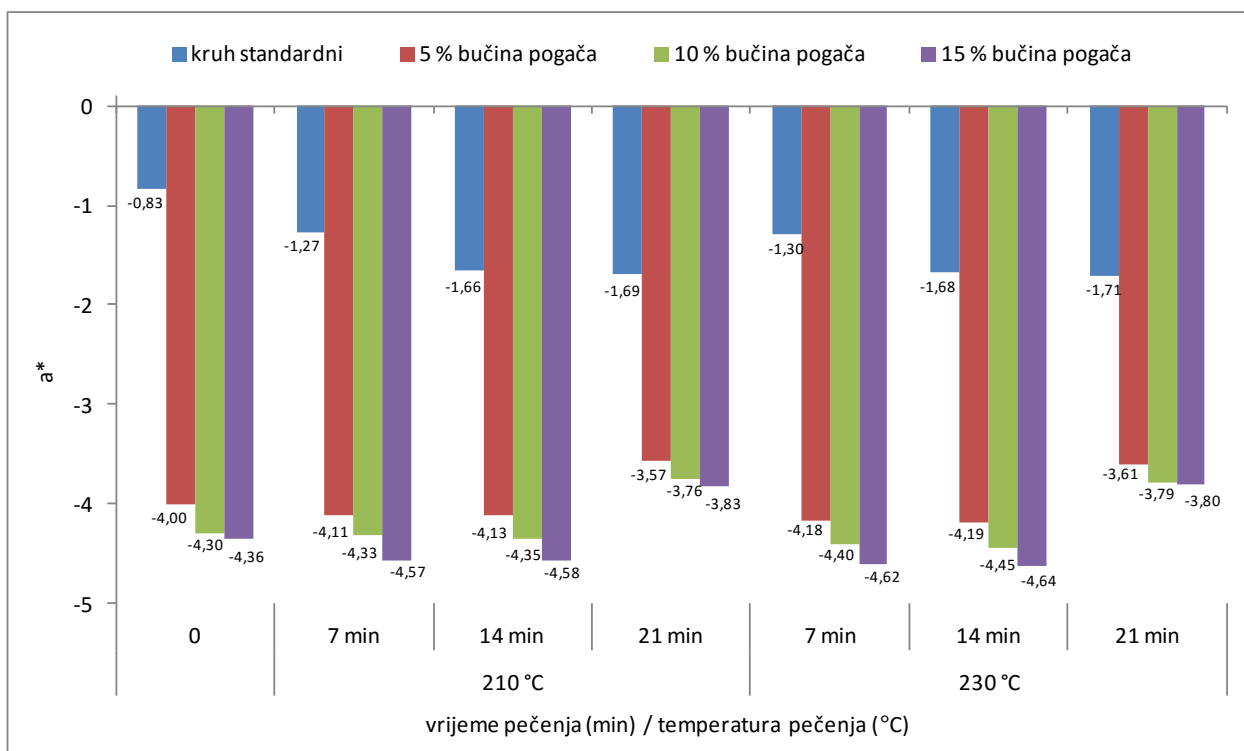
Slika 35. Utjecaj dodatka bučine pogače na L* vrijednost boje korice kruha tijekom pečenja pri temperaturama pečenja od 210 i 230 °C



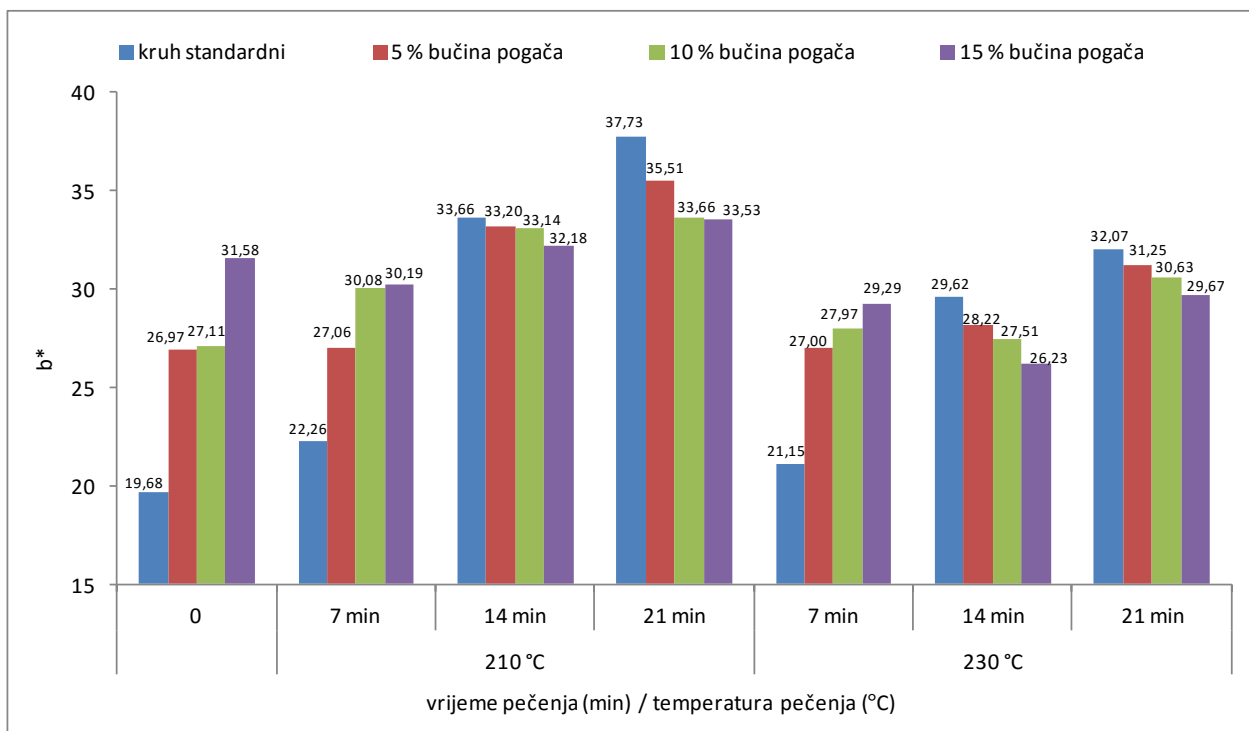
Slika 36. Utjecaj dodatka bučine pogače na L* vrijednost boje sredine kruha tijekom pečenja pri temperaturama pečenja od 210 i 230 °C



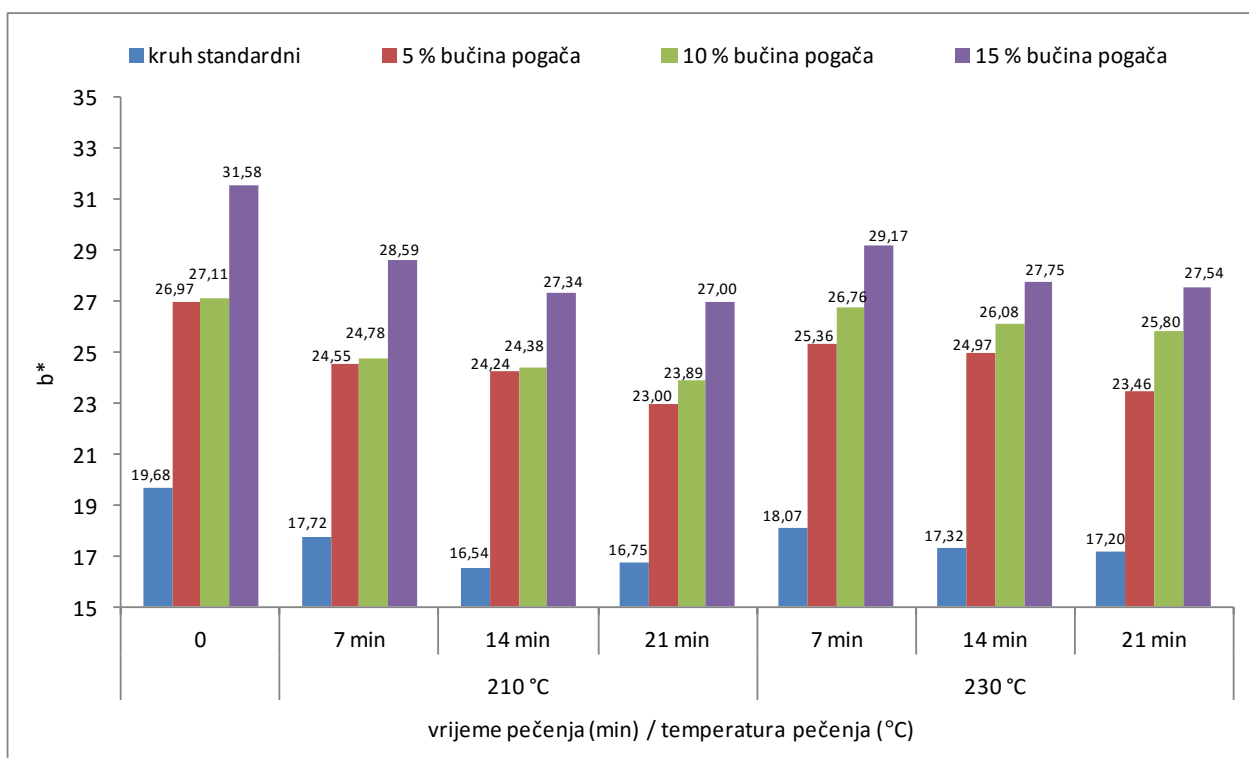
Slika 37. Utjecaj dodatka bučine pogače na a^* vrijednost boje korice kruha tijekom pečenja pri temperaturama pečenja od 210 i 230 °C



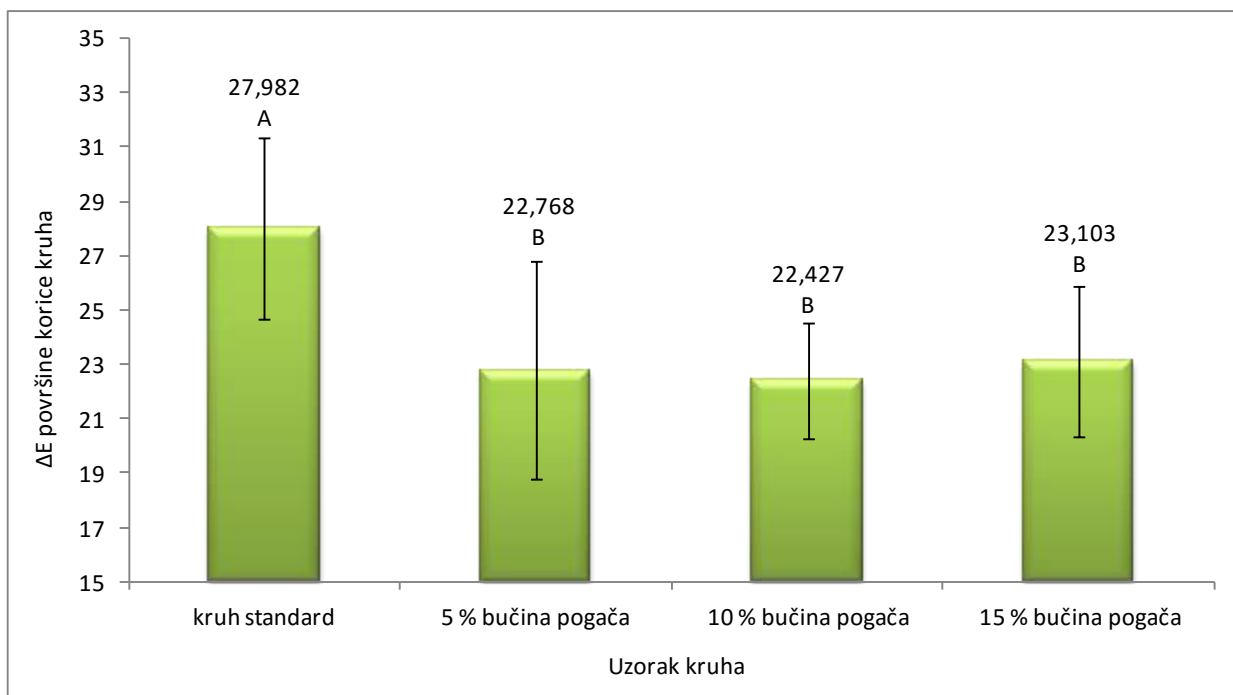
Slika 38. Utjecaj dodatka bučine pogače na a^* vrijednost boje sredine kruha tijekom pečenja pri temperaturama pečenja od 210 i 230 °C



Slika 39. Utjecaj dodatka bučine pogače na b* vrijednost boje korice kruha tijekom pečenja pri temperaturama pečenja od 210 i 230 °C

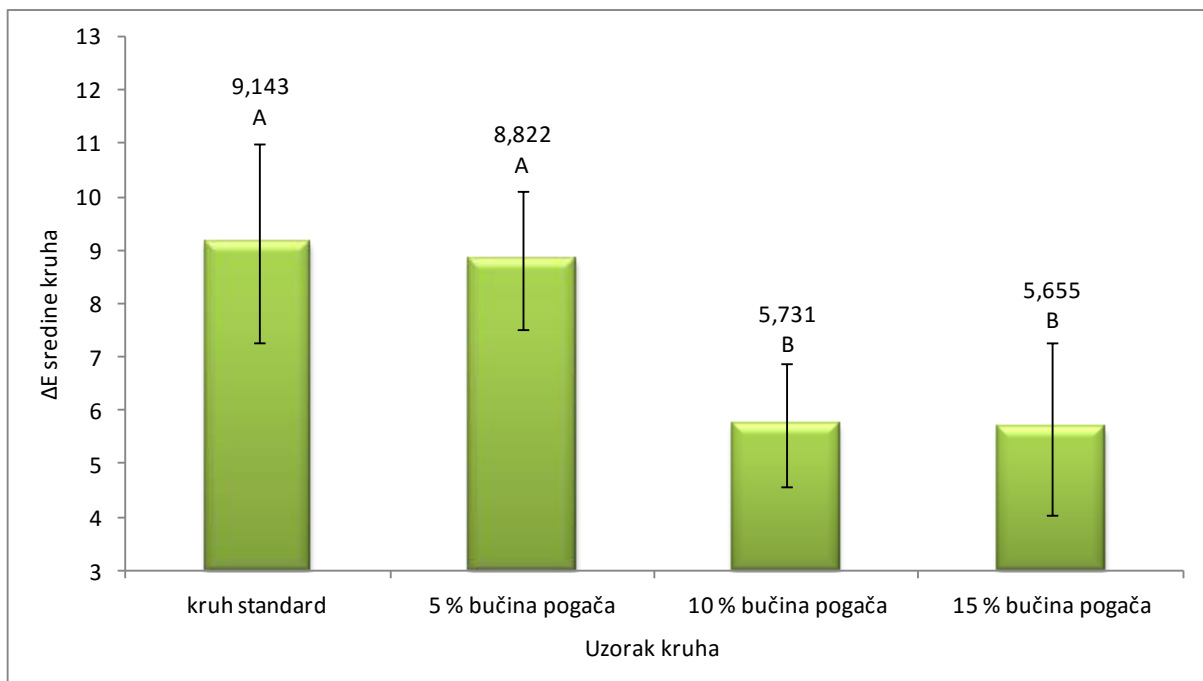


Slika 40. Utjecaj dodatka bučine pogače na b* vrijednost boje sredine kruha tijekom pečenja pri temperaturama pečenja od 210 i 230 °C



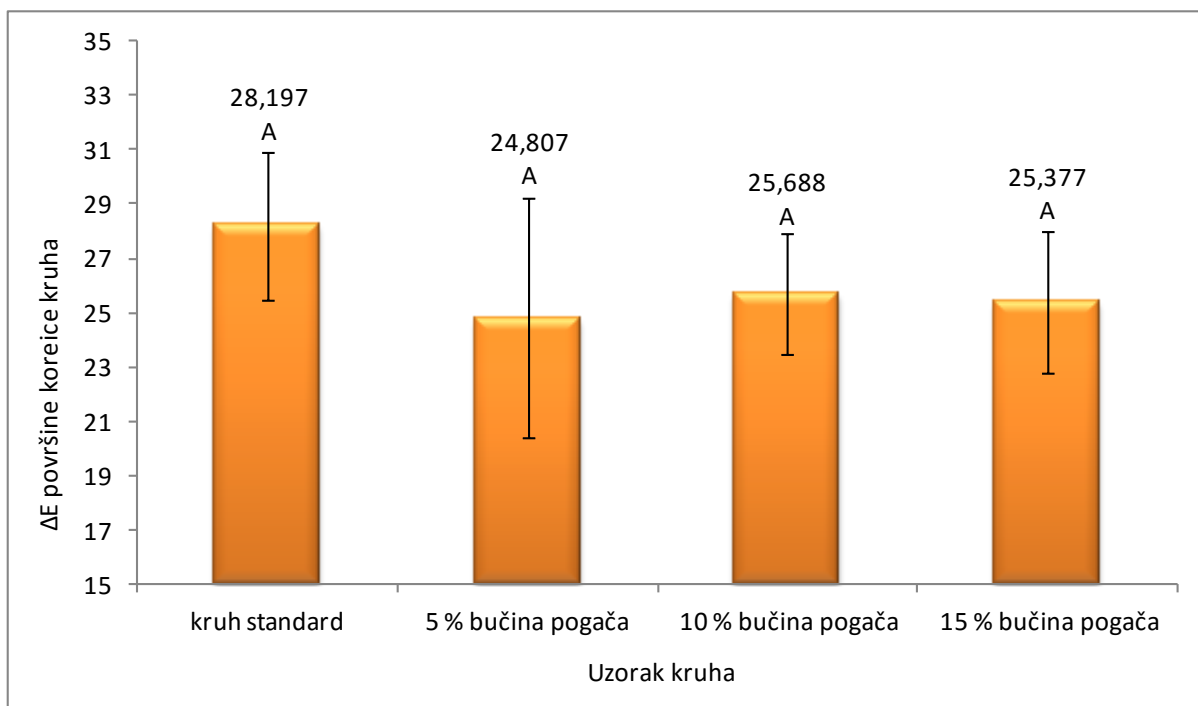
Slika 41. Rezultati statističke analize ukupne promjene boje površine korice kruha pečenog pri 210 °C od pšeničnog brašna i s dodatkom različitih udjela bučine pogače (tijesto-kruh).

*Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.



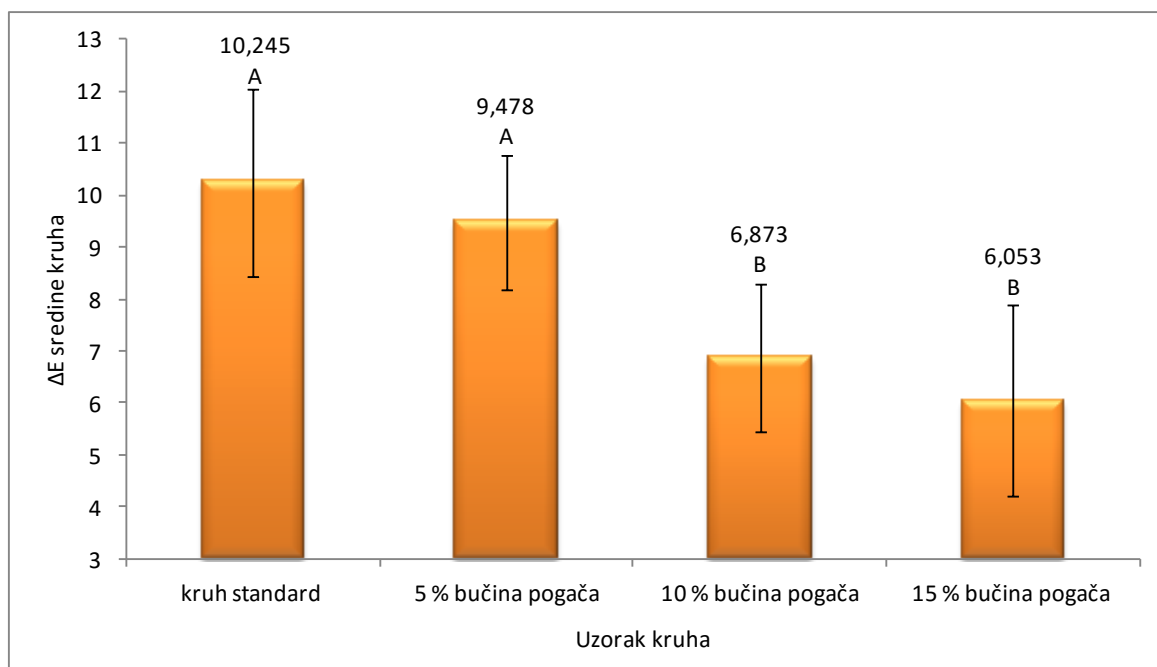
Slika 42. Rezultati statističke analize ukupne promjene boje sredine kruha pri 210 °C od pšeničnog brašna i s dodatkom različitih udjela bučine pogače (tijesto-kruh).

*Prikazani podaci su srednje vrijednosti ± standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.



Slika 43. Rezultati statističke analize ukupne promjene boje površine korice kruha pečenog pri 230 °C od pšeničnog brašna i s dodatkom različitih udjela bučine pogače (tijesto-kruh).

* Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.



Slika 44. Rezultati statističke analize ukupne promjene boje sredine kruha pri 230 °C od pšeničnog brašna i s dodatkom različitih udjela bučine pogače (tijesto-kruh).

Prikazani podaci su srednje vrijednosti \pm standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovom nisu statistički značajno različite ($p < 0,5$) prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike.

5.RASPRAVA

U ovom diplomskom radu prikazani su rezultati analize kruha s dodatkom različitih udjela bučine pogače koji su uspoređeni s rezultatima analize standardnog uzorka kruha od pšeničnog brašna. Kruhovi su pečeni pri dvije različite temperature, 210 °C i 230 °C. Praćeni parametri su: udio vode tijekom pečenja, gubitak mase tijekom pečenja, specifični volumen kruha, promjena teksture (čvrstoća, kohezivnost, otpor žvakanju, elastičnost) tijekom pečenja te promjena boje tijekom pečenja

Iz rezultata prikazanih na slikama 17. i 18. vidljivo je da pri obje temperature pečenja nakon 21 minute standardni kruh ima najveće smanjenje udjela vode (u odnosu na početni udio vode). Udio vode u standardnom kruhu pečenjem pri temperaturi 210 °C smanji se za 3,93 %, dok je nešto veće smanjenje pri temperaturi pečenja od 230 °C i iznosi 4,85 % nakon 21 minute pečenja u odnosu na udio vode u tijestu stavljenom u peč. U kruhu s 15 % bučine pogače pečenom pri temperaturi od 210 °C zabilježeno je smanjenje udjela vode za 3,11 %, dok je u uzorcima s 5 % i 10 % bučine pogače, pečenim pri istoj temperaturi, zabilježeno smanjenje udjela vode za 1,52 %, odnosno 2,43 %. Povišenjem temperature pečenja na 230 °C u svim uzorcima je zabilježeno očekivano veće smanjenje udjela vode i to: 2,97 % (5 % bučine pogače), 4,45 % (10 % bučine pogače) i 4,60 % (15 % bučine pogače). Tijesto s 15 % bučine pogače imalo je najniži početni udio vode, što je i očekivano s obzirom da je udio masti u praškastoj komponenti bučine pogače oko 12%.

Analizom gubitka mase tijekom pečenja pri temperaturi od 210 °C (slika 19.) došlo se do spoznaje da standardni pšenični kruh ima najveći gubitak mase dok kruhovi s dodatkom bučine pogače imaju gubitak mase tijekom pečenja u prosjeku manji za 14 % u odnosu na standardni kruh. Pečenjem pri temperaturi od 230 °C (slika 20.) zabilježen je očekivani veći gubitak mase u svim uzorcima i to već nakon 7 minute, no u konačnici pečeni kruhovi s dodatkom bučine pogače (nakon 21 minute) imaju u prosjeku za 16,98 % manji gubitak mase u odnosu na standardni kruh, odnosno u prosjeku za 6,46 % veći gubitak mase nego uzorci s bučinom pogačom pečeni pri 20 °C nižoj temperaturi. Kruhovi s 15 % bučine pogače imaju najmanji gubitak mase tijekom pečenja pri obje temperature pečenja.

Slika 21. prikazuje rezultate statističke analize specifičnog volumena kruha. Prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike analiziranih kruhova pečenih pri 210 °C, nakon 21 minutu pečenja (potpuno pečeni uzorci) samo se kruh s dodatkom 15 % bučine pogače ima statistički značajno ($p < 0,5$) manji specifični volumen u odnosu na ostale uzorke. Ostali uzorci pečeni pri 210 °C se međusobno statistički značajnije ne razlikuju u specifičnom volumenu. Na temelju slike 22. vidljivo je da viša temperatura pečenja (230 °C) doprinosi većem specifičnom volumenu svih vrsta analiziranih kruhova. Kruh s 15 % bučine pogače i pri višoj temperaturi pečenja u odnosu na druge analizirane uzorke ima statistički značajno najmanji

specifični volumen od ostalih uzoraka. Pri pečenju na 230 °C vidljive su statistički značajne razlike uzorka s 10 % bučine pogače u odnosu na standardni kruh i kruh s 15 % bučine pogače.

Trendovi kretanja pojedinih parametara teksture (čvrstoće, kohezivnosti, otpora žvakanju i elastičnosti) tijekom pečenja bili su isti bez obzira na primijenjenu temperaturu pečenja. Stoga su u rezultatima prikazane samo slike promjene pojedinog parametra tijekom pečenja pri temperaturi od 210 °C, a vrijednosti pojedinih parametara konačnog proizvodu su analizirane statistički za svaku pojedinu temperaturu.

Slika 23. prikazuje čvrstoću sredine kruha pečenog pri 210 °C tijekom pečenja te je moguće očitati da kruh s 15 % bučine pogače ima najtvrdju sredinu, a nešto manju čvrstoću ima kruh s 10% bučine pogače. Kruh s 5% bučine pogače u 7 minuti pečenja ima najmanju čvrstoću sredine dok na kraju pečenje ona je nešto veća od čvrstoće standardnog kruha. Standardni kruh ima linearan porast čvrstoće kroz pečenje, no na kocu čvrstoća sredine kruha kod standardnog kruha ja najniža. Rezultati statističke analize čvrstoće kruha prikazani su na slikama 24 i 25. Fisherov LSD test najmanje značajne razlike pokazao je nepostojanje statistički značajne razlike između standardnog kruha i kruha s 5 % bučine pogače pečenih pri 210 °C. Ostali ispitivani uzorci pečeni pri 210 °C se značajno razlikuju. Primjenom više temperature pečenja (230 °C) svi analizirani uzorci se međusobno statistički znatno razlikuju jedan od drugoga u čvrstoći, što je vidljivo na slici 25. Kruh s 15% bučine pogače je najčvršći dok je standardni kruh imao najmanju čvrstoću kod obje primijenjene temperature pečenja.

Promjenu kohezivnosti sredine kruha tijekom pečenja pri temperaturi 210 °C moguće je vidjeti na slici 25. Iz slike 26. vidljivo je da kruh s 15% bučine pogače ima najniže vrijednosti, a standardni kruh najviše vrijednosti kohezivnosti tijekom pečenja. Kohezivnost se povećava s tijekom pečenja. Završetkom pečenja kruhovi s 5% i 10% bučine pogače imali su gotovo jednaku kohezivnost sredine kruha što je pokazala i statistička analiza. Nadalje, statistička obrada rezultata (slika 27 i 28.) pokazala je kako se samo standardni uzorka statistički značajno razlikuje prema Fisherovom LDS testu najmanjih značajnih u kohezivnosti, dok statistički gledano u kohezivnosti kruhova s bučinom pogačom nema značajnijih odstupanja kako na temperaturi pečenja od 210 °C (slika 27), tako i na višoj temperaturi pečenja od 230 °C (slika 28).

Slika 29. daje prikaz promjene u otporu žvakanja sredine kruha gdje je vidljiv veći otpor žvakanju sredine kruha kod kruha s 15% bučine pogače i taj otpor je veći u svim vremenima pečenja u odnosu na ostale kruhove. U 7 minuti najmanji otpor žvakanju ima kruh s 10% bučine pogače dok se u 14 minuti on povećava te postaje veći nego kod standardnog kruha.

Na kraju pečenja sredina standardnog kruh ima najmanji otpor žvakanju. Statističkom obradom rezultata Fisherov LDS testu najmanjih značajnih razlika (slika 30.) pokazao je kako se standardni kruh i kruh s 15 % bučine pogače značajno razlikuju ($p < 0,5$) od ostala dva uzorka, dok se kruhovi s 5 i 10 % bučine pogače pečeni pri 210 °C međusobno nisu razlikovali u otporu žvakanju. Najmanji otpor žvakanju ima sredina standardnog kruha, i otpor žvakanju raste s porastom udjela bučine pogače u kruhu pri obje temperature pečenja. Ukoliko se kruhovi peku pri temperaturi 230 °C vidljive su značajne statističke razlike između svih uzoraka u otporu žvakanju (slika 31.).

Slikom 32. prikazana je elastičnost sredine kruha tijekom pečenja (210 °C) iz koje se može očitati da u 7 minuti pečenja kruhovi s dodatkom bučine pogače imaju gotovo jednaku elastičnost dok je standardni kruh nešto veće elastičnosti. U 14 minuti pečenja vidljive su nešto značajnije razlike između svih uzoraka. Najmanju elastičnost ima kruh s 15% bučine pogače, a najveću standardni kruh. Na kraju pečenja (u 21 minuti) poredak u elastičnosti sredine kruhova je jednak kao i tijekom pečenja, s tim da kruhovi s 5 % i 10 % imaju gotovo jednaku elastičnost sredine kruha. Slikom 33. i 34. prikazuju se rezultati statističke analize, a prema Fisherovom LDS testu najmanjih značajnih razlika standardni kruh ima značajno ($p < 0,5$) veću elastičnost od ostalih uzoraka pri obje temperature pečenja. Također pri obje temperature pečenja, najmanju elastičnost imao je kruh s 15 % bučine pogače, ali njegove vrijednosti elastičnosti nisu značajno različite od vrijednosti za elastičnost kruha s 10 % bučine pogače. Također, kruh s 10 % bučine pogače nije značajno različit u elastičnosti od kruha s 5 % bučine pogače, bez obzira na temperaturu pečenja. Usporedbom slike 33 i 34. vidljivo je kako elastičnost opada s povišenjem temperature pečenja, što je i očekivano.

Slika 35. i 36. prikazuje statistički obrađene podatke za L^* vrijednosti u uzorcima korice odnosno sredine analiziranih kruhova pečenih pri obje temperature pečenja (210 °C i 230 °C). Vrijednost L^* je parametar kojim se utvrđuje dali je ispitivani uzorak svijetao ili taman. Ako je vrijednost 0 označava crnu boju, a vrijednost 100 označava bijelu boju. Rezultati analize pokazuju da što je veći udio bučine pogače u zamiesu to je korica, a i sredina kruha tamnija. Korice kruhova u 21 minuti pečenja su znatno tamniji od tijesta. Kruhovi pečeni na 210 °C su svjetliji od kruhova pečenih pri 230 °C, u svim praćenim minutama pečenja (7, 14 i 21 minuta). Standardi kruh ima veće promjene boje sredine kruha dok kruhovi s dodatcima nemaju takovi trend tamnjenja (L^* vrijednost nakon 21 minute pokazuje manje promjene u odnosu na L^* vrijednost tijesta kod kruhova s dodatkom bučine pogače). Vrijednosti svjetline očekivano su nešto niže kod primjene više temperature pečenja.

Vrijednost parametra a^* predstavlja udio zelene boje (negativne vrijednosti) odnosno crvene boje (pozitivne vrijednosti) u ispitivanom uzorku. Iz rezultat prikazanih na slici 37. vidljivo je da je u tijestu nešto veći udio zelene boje. Zanimljiva je činjenica što je veći udio bučine pogače to je udio crvene boje veći neovisno o temperaturi pečenja. Neovisno o temperaturi pečenja, kruhovi s dodatkom bučine pogače imaju zelenu sredinu koju je lako utvrditi i prostim oko. Slika 38. to i potvrđuje, te je vidljivo da neovisno o temperaturi na kojoj se kruh peče (210°C ili 230°C) kruh u 21 minuti pečenja ima manje intenzivnu zelenu boju, ali i dalje znatno veću u odnosu na standardni kruh.

Parametara b^* predstavlja udio plave boje (negativne vrijednosti), odnosno žute boje (pozitivne vrijednosti). Slike 39. i 40. prikazuju kako u svim kruhovima manji udio plave boje. Tijesto ima više žute boje ukoliko je veći udio bučine pogače. Standardni kruh pečenjem postaje sve žući dok kod kruha s 15% bučine pogače nema značajnijeg porasta udjela žute boje tijekom pečenja.

Ukupna promjena boje (ΔE) statistički obrađena prema Fisherovom LSD testu najmanje značajne razlike ukazuje na znatnu promjenu boje korica kruhova s dodatkom bučine pogače u odnosu na standardni kruh, ukoliko se pečenje provodi pri 210°C (slika 41.). Ukoliko se kruh peče pri 230°C svi kruhovi imaju neznatne razlike u boji korice. Udio bučine pogače nema značajan utjecaj na boju korice kruha neovisno o temperaturi pečenja. Statističkom obradom podataka za ukupnu boju sredine kruha vidljivo je da na promjenu boje sredine kruha najveći utjecaj ima udio bučine pogače dok je utjecaj temperature pečenja na boju sredine kruha nešto manje izražen (slika 43. i 44.).

6.ZAKLJUČAK

Nakon provedenog pečenja kruhova u industrijskim uvjetima pri temperaturi od 210 °C i 230 °C, provedene su analize svih uzoraka standardnog kruha i kruha s dodatkom bučine pogače s različitim udjelima (5 %, 10 % i 15 %) te tijekom pečenja (7, 14 i 21 minutu) doneseni su slijedeći zaključci:

Što je viša temperatura pečenja, to su gubitci pečenjem veći. Dodatkom bučine pogače u tijesto za kruh smanjuju se gubitci vode tijekom pečenja. To je najviše izraženo kod kruha s 15 % bučine pogače.

Više temperatura pečenja doprinosi većem specifičnom volumenu kruha. Kruh s 15% bučine pogače ima najmanji specifični volumen u odnosu na ostale analizirane uzorke.

Bučina pogača, kao dio brašnaste sirovine za zamjes, značajno doprinosi čvrstoći sredine kruha. Što je udio bučine pogače veći, to je sredina kruha čvršća, otpor žvakanju veći, a kohezivnost i elastičnost manji. Primjena više temperature pečenja utjecala je na povećanje čvrstoće i otpora žvakanju, te na smanjenje kohezivnosti i elastičnosti sredine kruha u odnosu na iste uzorke pečene pri 20 °C nižoj temperaturi.

Na temelju rezultat analize parametara boje L^* , a^* i b^* moguće je zaključiti da dodatak bučine pogače doprinosi tamnijoj boji kako tijesta, tako i korice i sredine kruha, a pored toga i povećanju udjela crvene boje u korici kruha, te suprotno, povećanju udjela zelene boje sredine kruha tijekom pečenja. Također, povećanjem udjela bučine pogače, povećava se i udio žute boje u sredini kruha. Ukupna promjena boje značajnije je izražena kod korice kruha te kod primjene više temperature pečenja.

Kruh s dodatkom bučine pogače u udjelima od 5 %, 10 % i 15% je moguće peći u pekarnici, u industrijskim uvjetima, jer dodatak bučine pogače nema značajan utjecaj na tehnološki proces proizvodnje kruha.

7.LITERATURA

Albrecht T., Ehrlinger, H.-G., Willeke, E. i Schils, E. Priručnik o pekarstvu i slastičarstvu. Bulić, I. (ur), Klarić, F. (prijevod), Tim Zip d.o.o. Zagreb, 2010.

Auerman L. J. Tehnologija pekarske proizvodnje. Tehnološki fakultet Novi Sad, 1988.

Bode J., Boje R., Both G., Brand J., Brose E., Fecke H.-C., Hisserich D., Kniel B., Meyer B., Nitsche G., Plasch G., Wassermann L., Wettig R. Priručnik o poboljšivačima i ostalim sirovinama za pekarstvo i slastičarstvo. TIM ZIP d.o.o., Zagreb, 2007

Cauvain S. P., Young L. S. Tehnology of Breadmaking, Blackie Academic and Professional, an imprint of Chapman & Hall, 2 - 6 Boundary row, London, UK, 1998.

Cauvain, S. P. Breadmaking. U Cereals processing technology Owens, G. (urednik), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 205-230, 2001.

Chevallier, S. Della Valle, G. Colonna, P. Broyart, B. Trystram: Structural and chemical modification of short dough during baking, *Journal of Cereal Science*, 2002.

De Vries, J. W. The definition of dietary fibre. *Cereal Foods World* 46: 112–129, 2001.

Đaković, Lj: Pšenično brašno. Tehnološki fakultet, Zavod za izdavanje udžbenika, Novi Sad, 1997.

Gullón B., Falaqué E., Alonso J.L., Parajó J.C. Evaluation of apple pomace as a raw material for alternative applications in food industries. *Food Technology and Biotechnology*, 45 (4) 426–433, 2007.

Hutkins, R. W. Microbiology and technology of fermented foods. Blackwll Publiching, Ames, USA, 261-299, 2006.

Ilić, V: Osnovi tehnologije pekarstva, Priručnik za stručno obrazovanje pekarski kadrova, Izdanje udruženja industrije za proizvodnju i preradu brašna Jugoslavije. Beograd, 1959.

Jozinović A, Šubarić D, Ačkar Đ, Miličević B, Babić J, Jašić M, Valek Lendić K.: Food industry by-products as raw materials in functional food production. *Hrana u zdravlju i bolesti*, 3 (1), 22-30, 2014.

Kent, N.L., Evers, A.D.: Technology of cereals . Elsevier ScienceLtd., U.K., 1994.

Koehler P., Wieser, H.: Chemistry of Cereal Grains. u Hand book of Sourdough Biotechnology, Gobbetti, M., Gänzle M. (urednici), Springer, New York, 2013.

Kovačević, V., Rastija, M. Osnove proizvodnje žitarica, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 2009:

Kulp, K. Bread industry and processes. U Production and utilization of wheat. U Wheat: Chemistry and technology, Pomeranz, Y. (urednik) American association of cereal chemists, St. Paul, USA, 371-406, 1988.

Martinčić, J., Kozumplik, V. Oplemenjivanje bilja – teorija i metode, ratarske kulture, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 1996:

MPŠVG. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva. Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, NN br. 47/2008.

Orth , R. A. i Shellenberger J. A. Origin, production and utilization of wheat. U Wheat: Chemistry and technology, Pomeranz, Y. (urednik) American association of cereal chemists, St. Paul, USA, 1-14, 1988.

NN 78/05. Pravilniku o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta (»Narodne novine« br. 78/05, 135/09 i 86/10)

Schieber A, Stintzing F. C., Carle R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds — Recent developments. *Trends in Food Science & Technology*, 12(11):401-413, 2001.

Schünemann C. i Treu, G. (2012). Tehnologije proizvodnje pekarskih i slastičarskih proizvoda. TIM ZIP d.o.o., Zagreb

Sito, S.; Barčić, J.; Ivančan, S. Utjecaj različitih temperatura radnog medija na trajanje procesa sušenja visoko vlažnih sjemenki buče nakon pranja (*Cucurbita pepo* L.). *Agriculturae conspectus scientificus/Poljoprivredna znanstvena smotra*, 63 (4), 285-290, 1998

Šimundić, B., Jakovlić, V., Tadejević, V.: Poznavanje robe - živežne namirnice s osnovama tehnologije i prehrane, Tiskara Rijeka d.d., Rijeka, 1994.

Šubarić D. Neke mogućnosti iskorištenja nusproizvoda prehrambene industrije. Treći naučno - stručni skup sa međunarodnim učešćem "5. juni - Svjetski dan zaštite okoliša" Zbornik sažetaka, Bihać : Univerzitet u Bihaću, Biotehnički fakultet 27-27, 2015.

Yağcı S, Göğüş F: Effect of incorporation of various food by-products on some nutritional properties of rice-based extruded foods. *Food Science and Technology International*, 21: 613-630, 2010.

Whitworth, M. B., Alava, J. M. The imaging and measurement of bubbles in bread doughs. U G. M. Campbell, C. Webb, S. S. Pandiella, i K. Niranjan (Urednici), Bubbles in food St. Paul, Minnesota: Eagan Press, 221–232, 1999.

Internetske stranice:

Web 1. http://www.kvasac.hr/dodaci_za_pekarstvo.html (07.07.2016.)

Web 2. http://www.obz.hr/vanjski/CD_AGBASE2/HTM/psenica.htm (07.07.2016.)

Web 3. <http://www.agroklub.com/sortna-lista/zitarice/psenica-108/> (07.07.2016.)

Web 4. <https://repozitorij.pfos.hr/en/islandora/object/pfos%3A551/datastream/PDF/view> (07.07.2016.)

Web 5. <http://www.adiva.hr/korisna-prehrambena-vlakna.aspx> (08.07.2016.)

Web 6. <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/sastav-psenicnog-brasna> (09.07.2016.)

Web 7. www.stablemicrosystems.com (09.07.2016.)

Web 8. <http://stores.qclabequipment.com/rotronic-hygrolab-c1-water-activity-kit/> (09.07.2016.)

Web 9. <https://www.google.hr/search?q=Kolorimetar+Konica+Minolta,+CR-400&client=opera&hs=PFX&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwic2PzCl-bNAhUIAxoKHV6YCz0QAUICCgB&biw=1600&bih=790#imgsrc=ncXoxpXSdMftFM%3A> (09.07.2016.)

Web 10. <http://nutricionizam-balans.com/web/buca-bucine-sjemeke-i-bucino-ulje/> (08.07.2016.)

Web 11. <http://izo.hr/product/komora-za-fermentaciju-fkv/> (09.07.2016.)

Web 12. http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-221X2015000400002&script=sci_arttext (12.07.2016.)